GENERALE PREFABBRICATI

spiroll

edilizia industrializzata

Sede legale e Direzione generale
Centro Direzionale Quattrotorri
Ellera Scalo – 06132 – Perugia
t. 075 51 871 – f. 075 51 71 345
info@generaleprefabbricatispa.com

Ufficio di Roma
Via Bardanzello, 77/L – 00155 Roma
t./f. 06 4065905
info@generaleprefabbricatispa.com

Uffici e Stabilimento di S. Salvo - CH
Viale Italia, 2 – zona industriale
66050 San Salvo – CH
t. 0873 34 26 76 – f. 0873 34 60 46
vibratec@generaleprefabbricatispa.com

CE Certificato FPC 1305-CPD-0440
EN 1168:2005+A3:2011
EN 13225:2004/AC:2006
EN 13224:2004+A1:2507
EN 13693:2004
EN 14992:2007
EN 15050:2007

Stabilimento di Bettona - PG
str. Vic. del Chiosco Vecchio
Loc. Cornacchia 06084 Bettona – PG
t. 075 98 69 785 – f. 075 98 72 11
stabbettona@generaleprefabbricatispa.com

CE Certificato FPC 1305-CPD-0441
EN 1168:2005+A3:2011
EN 13747:2005+A2:2010

Stabilimento di Basaluzzo - AL
via Capriata, 1
15060 Basaluzzo – AL
t. 0143 48 97 96 – f. 0143 48 91 68
stabbasaluzzo@generaleprefabbricatispa.com

CE Certificato FPC 1305-CPD-0439
EN 1168:2005+A3:2011
EN 13225:2004/AC:2006
EN 15050:2007
EN 15258:2009

ICMQ
CERTIFICAZIONE SISTEMA QUALITA'

CERTIFICATO N. 95080/06
CERTIFICATO N. 02727/06
CERTIFICATO N. 02710/06

Generale Prefabbricati S.p.A.
Progettista delle Strutture
Dott. Ing. Andrea Bagiana
Ordine degli Ingegneri di Perugia n. A4122

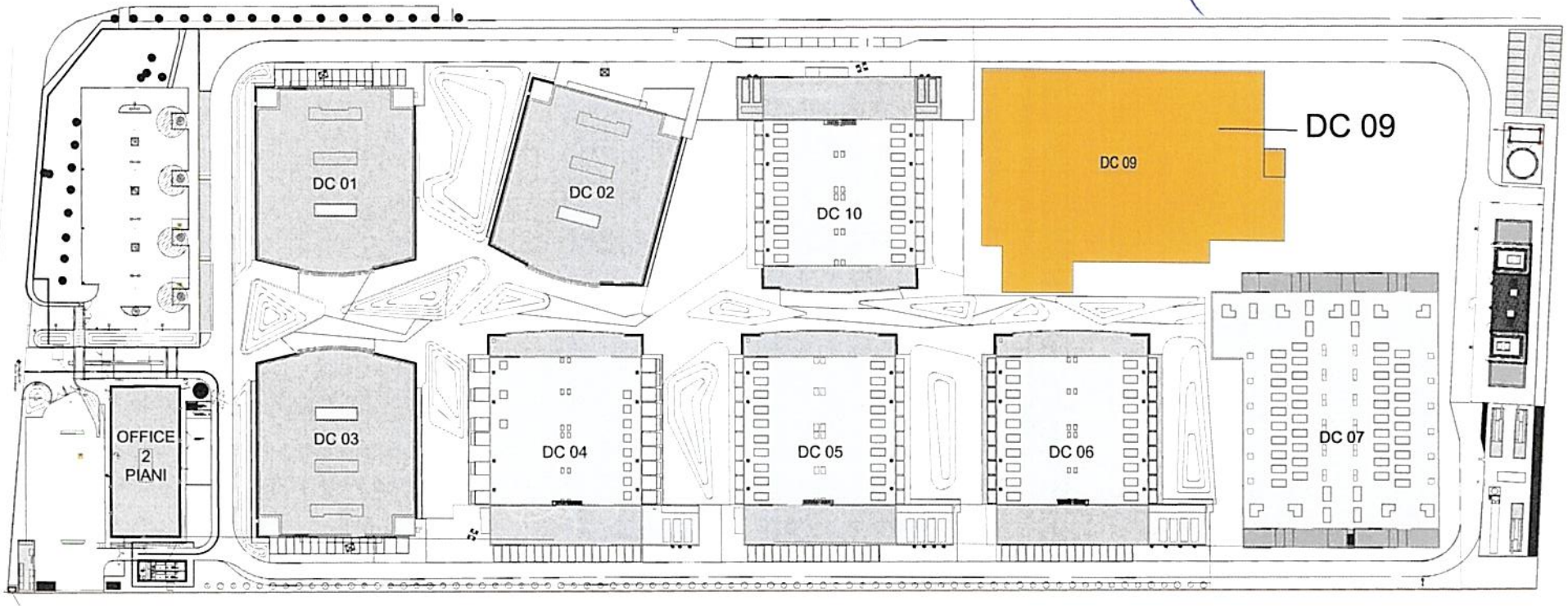
COMMITTENTE: DATA 4 ITALY
P.zza E. Duse, 2
20122 Milano (MI)

CANTIERE: Data Center DC09
da realizzare nel Comune di Settimo Milanese (MI), in via Reiss Romoli

OGGETTO: RELAZIONE GEOLOGICA-GEOTECNICA
INDAGINI GEOGNOSTICHE

Data emissione
15/03/22

Generale Prefabbricati S.p.A.
Progettista delle Strutture
Dott. Ing. Andrea Bagiana
Ordine degli Ingegneri di Perugia n. A4122



STUDIO TECNICO GEOM. UGO CELOTTI s.r.l.

CAPITALE SOCIALE EURO 100.000,00 I.V.
VIA MINCIO, 22 – C.A.P. 20139 M I L A N O TEL. 02.5393977 – FAX 02.5392262
e-mail: studiocelotti@studiocelotti.it

SONDAGGI GEOGNOSTICI GEOTECNICI AMBIENTALI GEOARCHEOLOGICI – PROVE SU TERRENI DI FONDAZIONE
INDAGINI E RICERCHE GEOLOGICHE E IDROLOGICHE - PERFORAZIONI PROFONDE PER GEOTERMIA PER DISPERSORI
PER STRUMENTAZIONI - PROSPEZIONI GEOFISICHE GEOELETTRICHE - RILIEVI TOPOGRAFICI
C.C.I.A.A. REG. DELLE IMPRESE DI MILANO – COD.FISC.-PART.IVA 05092310969 – SOA 3405AL/57/01

Milano, Novembre 2021

Prot. N. 6229/12Aa

Spett.le
GENERALE PREFABBRICATI SpA
Centro Direzionale Quattrotorri
Ellera Stazione
06132 PERUGIA (PG)

COMUNE di SETTIMO MILANESE (MI)

Via Reiss Romoli, 33

RELAZIONE GEOLOGICA

ORDINE DEI GEOLOGI DELLA LOMBARDIA
BARONI GIUSEPPE n° 603

P. P. V.

Generale Prefabbricati S.p.A.
Progettista delle Strutture
Dott. Ing. Andrea Bagiana
Ordine degli Ingegneri di Perugia n. A4122

INDICE

CAPITOLO 1 PREMESSA 3

CAPITOLO 2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO 7

CAPITOLO 3 IDROGRAFIA E SOGGIACENZA DELLA FALDA 10

3.1 - IDROGRAFIA E RISCHIO IDRAULICO - DIRETTIVA ALLUVIONI 10
3.2 - SOGGIACENZA DELLA FALDA 11

CAPITOLO 4 FATTIBILITÀ GEOLOGICA E VINCOLI 14

4.1 - FATTIBILITÀ GEOLOGICA 14

CAPITOLO 5 CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL SITO 17

5.1 - CLASSIFICAZIONE AI SENSI DELL'OPCM 3274/2003, DEL D.M. 17.01.2018 E DELLA D.G.R. DELL'11/07/2014 N. X/2129 17
5.2 - PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE DEFINITA NEL PGT - ANALISI SISMICA DI 1° LIVELLO 20
5.3 - CATEGORIA SISMICA DEL SOTTOSUOLO DEFINITA ATTRAVERSO L'INDAGINE GEOFISICA SVOLTA IN SITO 21
5.4 - VERIFICA A LIQUEFAZIONE 22

CAPITOLO 6 CONCLUSIONI 23

ALLEGATI

- *Prot. 6229/2A - "Indagine geofisica finalizzata agli studi della microzonazione sismica per la risposta locale. Metodologia MASW";*
- *Prot. 6229/5A - "Indagine geofisica finalizzata agli studi della microzonazione sismica per la risposta locale. Metodologia MASW".*

Generale Prefabbricati S.p.A.
Progettista delle Strutture
Dott. Ing. Andrea Bagliana
Ordine degli Ingegneri di Perugia n. A417Z

Capitolo 1 ***PREMESSA***

La presente relazione, redatta su incarico della Società ***GENERALE PREFABBRICATI SPA*** esamina, ai sensi del D.M. 17.01.2018 e della D.G.R. 5001/2016, le condizioni geologiche generali, idrauliche e sismiche dei terreni relativi ad un'area ubicata in Settimo Milanese (MI), Via Guglielmo Reiss Romoli 33 (vedasi ***Figura 1.1 - 1.2***), nelle vicinanze del confine comunale con Cornaredo.

L'area in esame è costituita da un nuovo campus in corso di realizzazione. L'intervento edilizio riguarda, nello specifico, la costruzione dell'edificio a due piani fuori terra denominato "Data Center DC07", avente dimensioni in pianta 70 x 84 m. L'intervento ricade catastalmente nel foglio 15, mappale 105 (vedasi ***Figura 1.3***).

Le caratteristiche dei terreni presenti all'interno del sito sono state desunte dall'indagine geotecnica effettuata all'interno del comparto costituente il nuovo campus in corso di realizzazione nel periodo 2013 - 2020, e consistita nell'esecuzione di:

- n. 2 sondaggi geognostici spinti fino alla profondità di ca. -20,0 m dal piano di inizio prova, con esecuzione di prove SPT in avanzamento ogni 1,5 m;
- n. 18 prove penetrometriche dinamiche superpesanti (DPSH), con profondità massima raggiunta pari a -20,30 m dal piano di inizio prova;
- n. 2 profili di sismica multicanale con acquisizione delle onde di superficie ed elaborazione dei dati mediante metodologia MASW (vedasi ***Prot. 6229/2A*** *e* ***Prot. 6229/5A*** in allegato).

Tutti gli elaborati inerenti l'indagine geotecnica sono riportati in allegato alla relazione geotecnica (***documento 6229/12Ab***) alla quale si rimanda per ulteriori approfondimenti.

Come quota di "zero" del lotto si è considerata la quota media del p.c. ricavata dalla carta tecnica regionale, e corrispondente a ca. 133 m slm.

Nella stesura del documento si è fatto riferimento, per quanto attiene le tematiche *geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche e sismiche*, allo studio geologico redatto a supporto del PGT Comunale nel febbraio 2009[1].

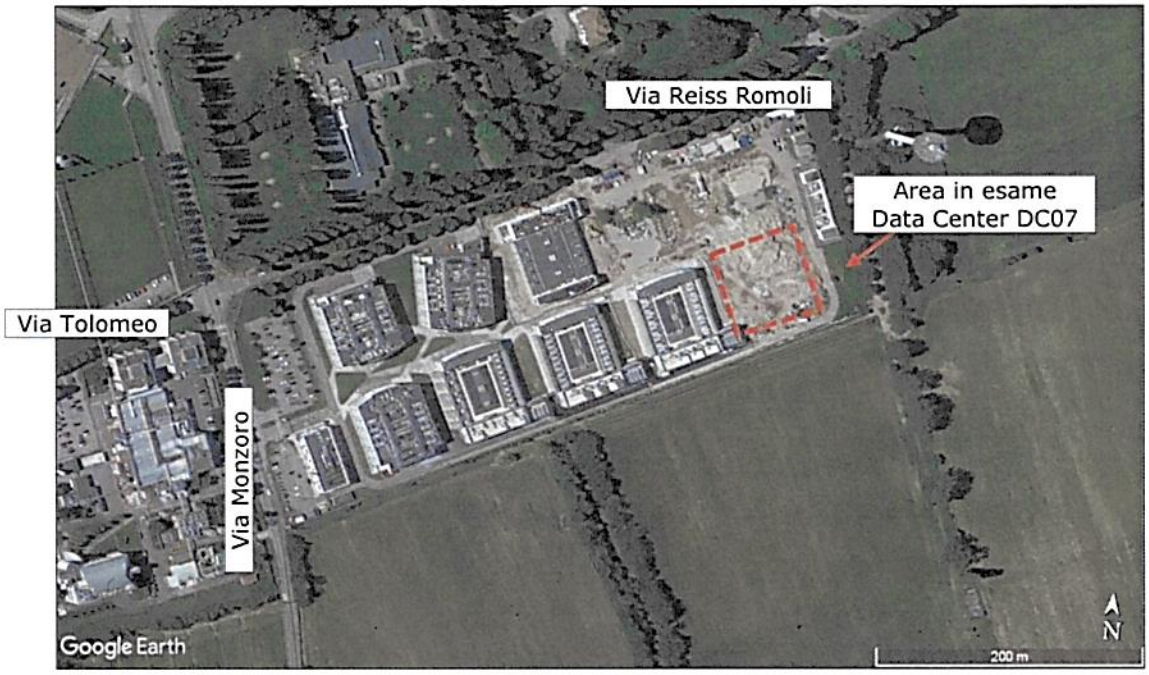


Figura 1.1 - Ripresa satellitare (fonte: Google, maggio 2021) con indicazione dell'area in esame (poligono rosso tratteggiato).

[1] "*Aggiornamento dello studio geologico di supporto allo strumento urbanistico generale (P.G.T.)*" redatto da Dott. Geol. Alberto Venegoni con data 26/02/2009, approvato con Delibera di Consiglio Comunale n. 80 del 19/12/2014, è divenuto efficace in data 24/02/2016 a seguito della pubblicazione dell'avviso di approvazione definitiva del Piano sul BURL Serie Avvisi e Concorsi n. 8.

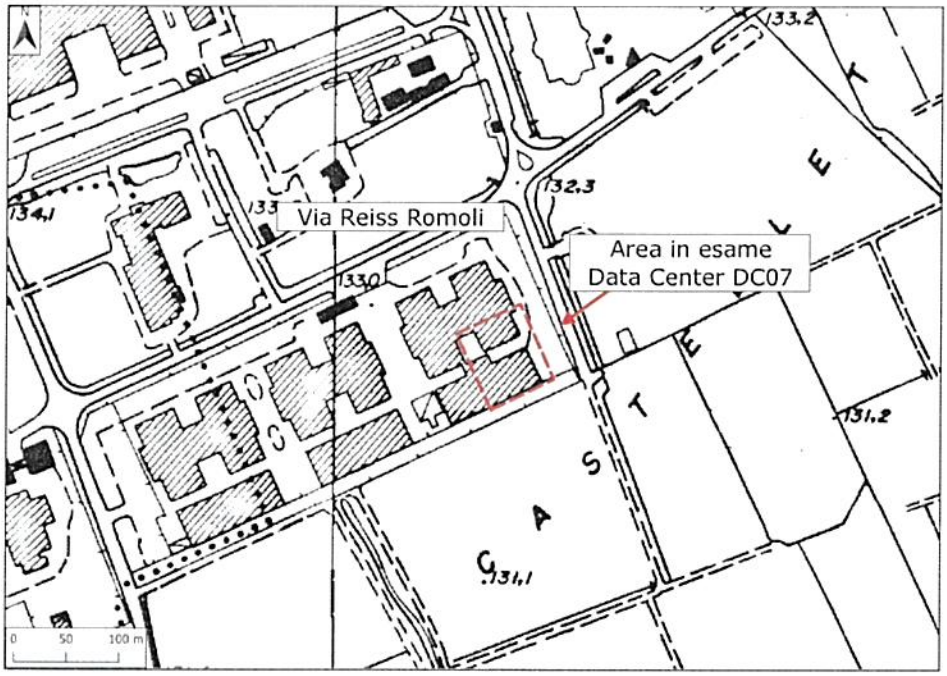


Figura 1.2 - *Estratto della Carta Tecnica Regionale (CTR) con indicazione dell'area in esame (poligono rosso tratteggiato).*

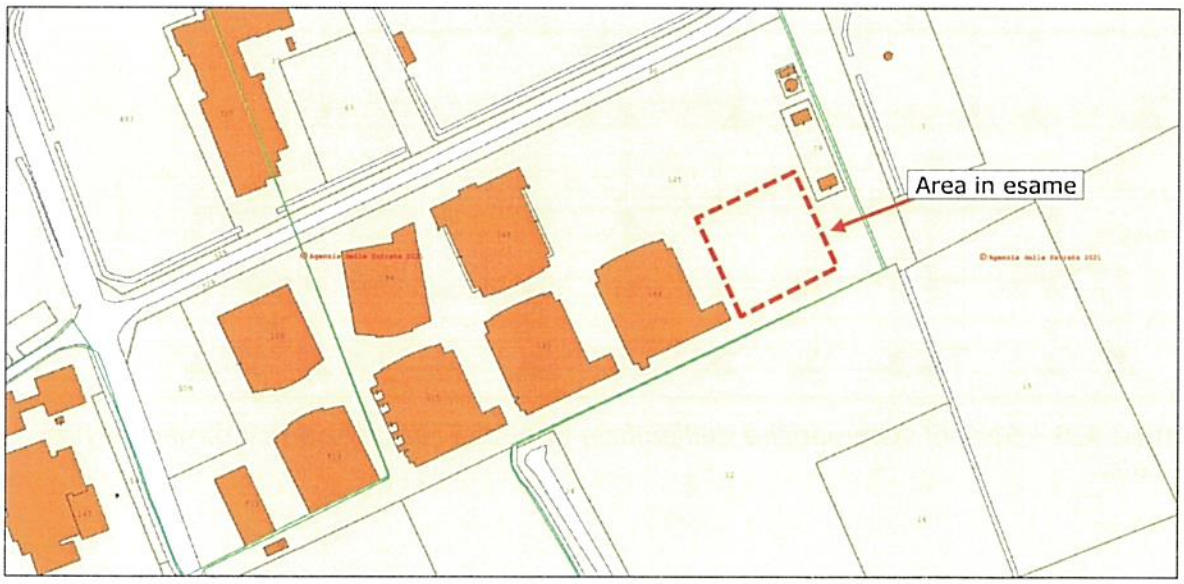


Figura 1.3 - *Estratto della planimetria catastale (fonte: Agenzia delle Entrate), con indicazione dell'area oggetto dell'intervento edilizio in esame (foglio catastale 15 del Comune di Settimo Milanese, mappale 105).*

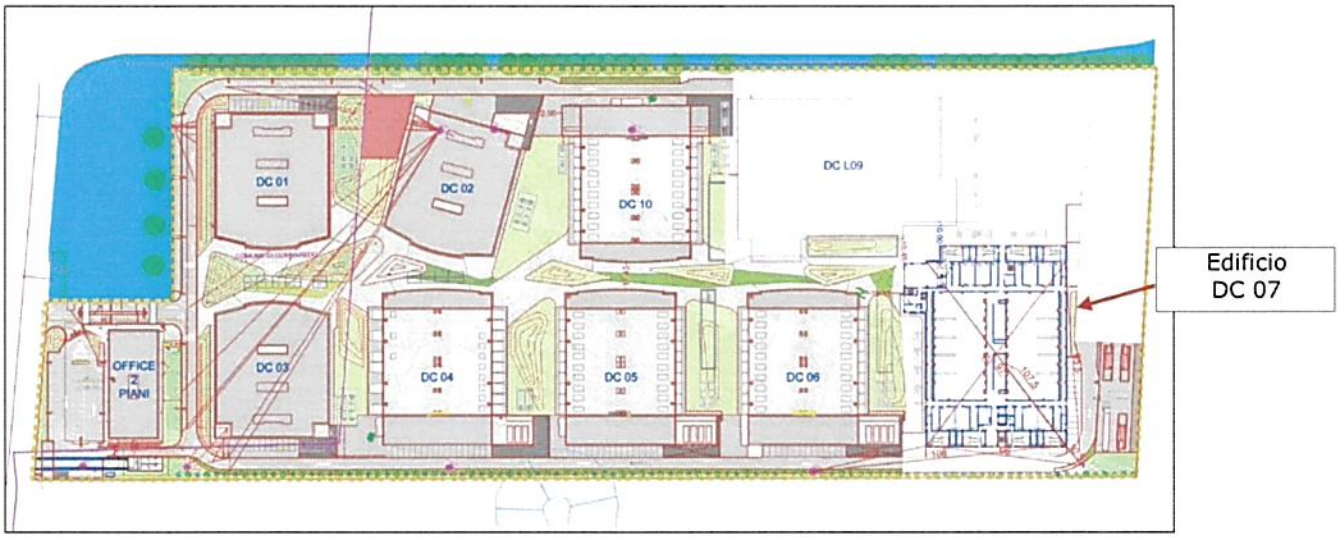


Figura 1.4 *- Planimetria schematica del campus con indicazione dell'edificio oggetto di nuova realizzazione (DC 07).*

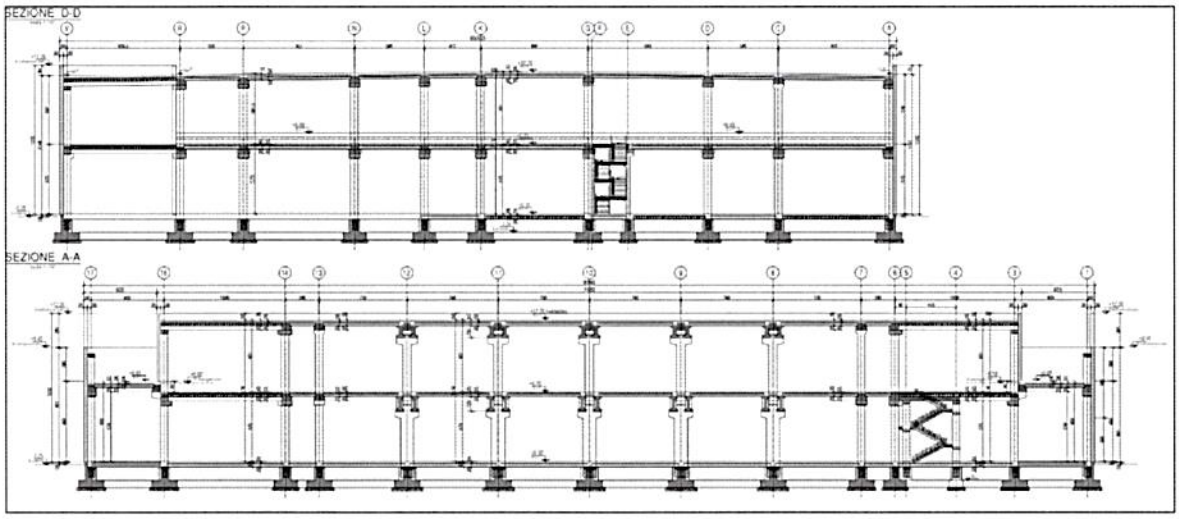


Figura 1.5 *- Sezioni schematiche dell'edificio di nuova realizzazione. Immagine non in scala.*

Capitolo 2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

Il territorio comunale di Settimo Milanese è situato nell'ambito della pianura alluvionale compresa tra i fiumi Ticino e Adda, limitata a Sud dal Fiume Po ed a Nord dai depositi morenici e fluvioglaciali del ghiacciaio del Ticino. Il territorio comunale è caratterizzato da morfologie generalmente piane, con quote che si attestano tra i 150 e i 180 m slm.

Le caratteristiche geologiche e geomorfologiche del territorio in esame sono ricavate dalla Carta Geologica d'Italia a scala 1:100.000 edita dal Servizio Geologico d'Italia, foglio n. 45 "*Milano*" (si vedano ***Figura 2.1*** e ***2.2***). L'area di interesse ricade in un settore caratterizzato dalla presenza di terreni appartenenti al terrazzo morfologico Fluvioglaciale Wurm (Diluvium Recente), risalente al Pleistocene Inferiore. Questi terreni sono generalmente costituiti da ghiaie medie con ciottoli in matrice sabbiosa passanti localmente a sabbie e ghiaie scarsamente limose. Questi depositi costituiscono il "*livello fondamentale della pianura*".

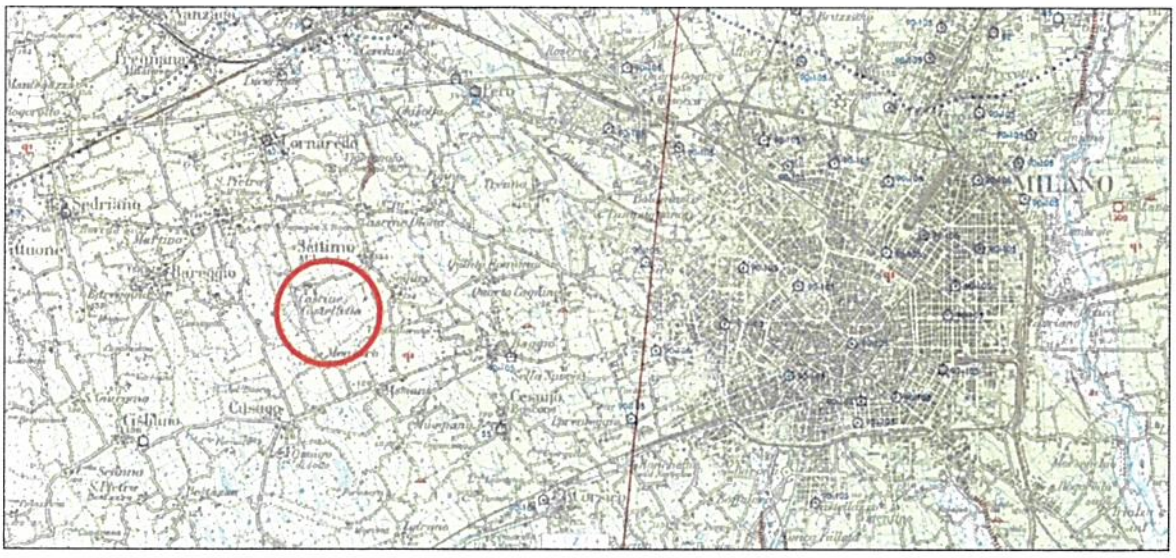


Figura 2.1 *– Stralcio della carta geologica d'Italia, scala 1:100.000 Foglio 45 – Milano, con indicazione dell'area di studio (cerchio rosso).*

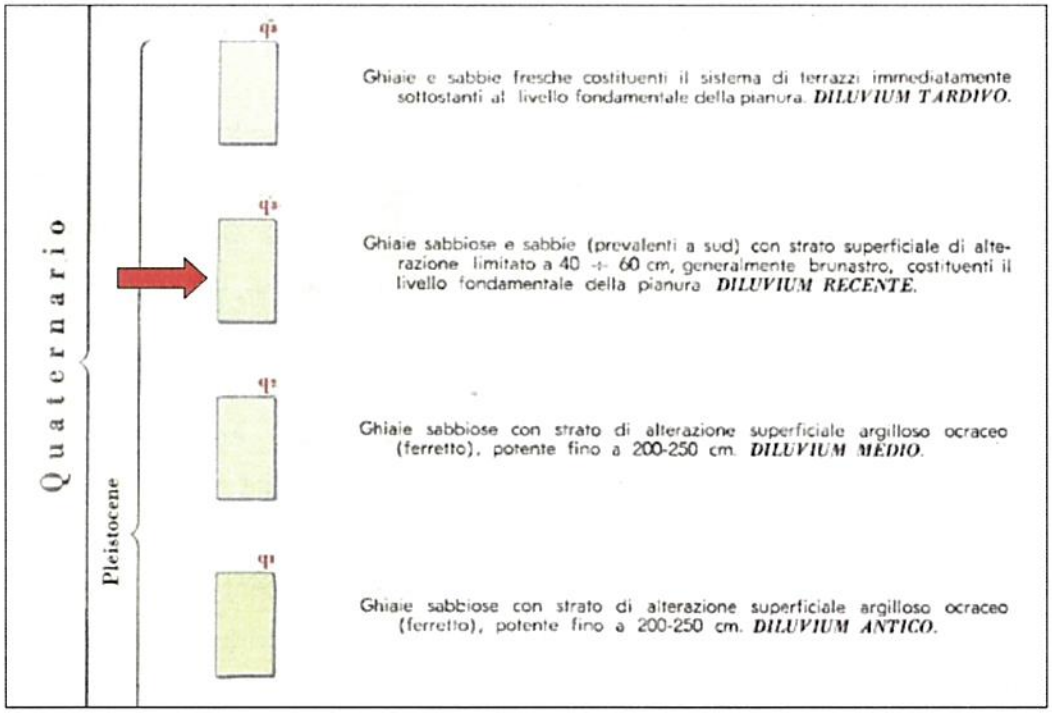
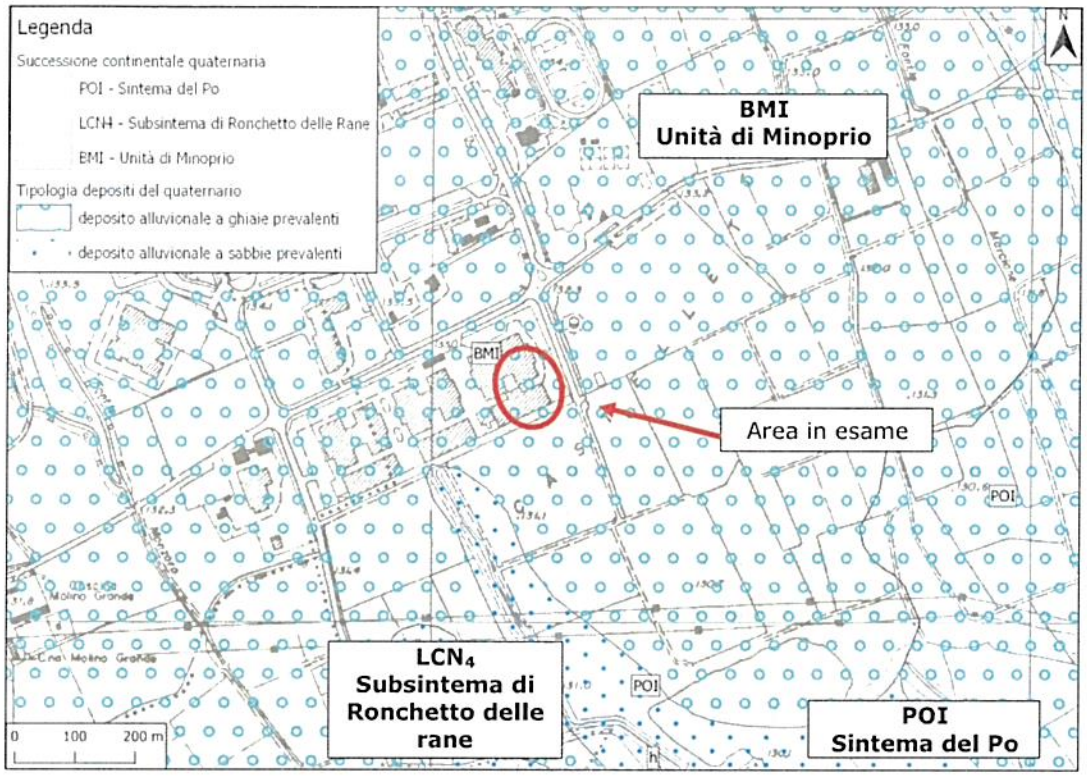

Quaternario
Pleistocene
Ghiaie e sabbie fresche costituenti il sistema di terrazzi immediatamente sottostanti al livello fondamentale della pianura. DILUVIUM TARDIVO.
Ghiaie sabbiose e sabbie (prevalenti a sud) con strato superficiale di alterazione limitato a 40 ÷ 60 cm, generalmente brunastro, costituenti il livello fondamentale della pianura. DILUVIUM RECENTE.
Ghiaie sabbiose con strato di alterazione superficiale argilloso ocraceo (ferretto), potente fino a 200-250 cm. DILUVIUM MEDIO.
Ghiaie sabbiose con strato di alterazione superficiale argilloso ocraceo (ferretto), potente fino a 200-250 cm. DILUVIUM ANTICO.

Figura 2.2 *- Stralcio della legenda della carta geologica d'Italia, scala 1:100.000 Foglio 45 – Milano, di cui all'estratto di* ***Figura 2.1****.*

L'area comunale di Settimio Milanese ricade integralmente all'interno del Foglio n. 118 della Carta Geologia d'Italia in scala 1:50.000 (foglio realizzato nell'ambito del progetto CARG). Tale cartografia è considerata la sintesi più completa ed aggiornata delle conoscenze geologiche.

Dalla consultazione della carta geologica risulta che l'area in esame è caratterizzata dalla presenza di depositi alluvionali prevalenti (ghiaie a prevalente supporto clastico, talvolta con matrice sabbiosa e sabbioso limosa) appartenenti alla seguente unità (si veda ***Figura 2.3***):

> ***Unità di Minoprio (BMI)*** *(Pleistocene medio – Pleistocene superiore): Ghiaie a supporto clastico e di matrice; matrice sabbiosa e sabbioso limosa; limi ghiaiosi; sabbie, sabbie limose e limi (depositi fluvioglaciali). Superficie limite superiore caratterizzata da suoli con spessore medio di 1,5 m; colori 10YR e 7.5YR; presenza di suoli sepolti nel settore meridionale del Foglio. Copertura loessica non osservata.*



SINTEMA DEL PO
POI
Ghiaie a supporto clastico e di matrice; sabbie, limi e limi debolmente argillosi (depositi fluviali). Superficie limite superiore caratterizzata da suoli poco evoluti (Entisuoli ed Inceptisuoli); colori prevalenti 10YR e 2.5Y.
PLEISTOCENE SUPERIORE - OLOCENE
SUBSINTEMA DI RONCHETTO DELLE RANE
LCN4
Sabbie e sabbie limose, da massive a laminate; limi e limi argillosi massivi (depositi fluvioglaciali a bassa energia). Spessori da 2 a 4 m. Superficie limite superiore caratterizzata da suoli moderatamente evoluti (Alfisuoli); colori da 10YR a 2.5Y; idromorfia comune.
PLEISTOCENE SUPERIORE
UNITÀ DI MINOPRIO
BMI
Ghiaie a supporto clastico e di matrice; matrice sabbiosa e sabbioso limosa; limi ghiaiosi; sabbie, sabbie limose e limi (depositi fluvioglaciali). Superficie limite superiore caratterizzata da suoli con spessore medio di 1,5 m; colori 10YR e 7.5YR; presenza di suoli sepolti nel settore meridionale del Foglio. Copertura loessica non osservata.
PLEISTOCENE MEDIO - PLEISTOCENE SUPERIORE

***Figura 2.3** – Elaborazione dalla cartografia "Progetto CARG" Foglio 118, scala 1:50.000, con l'indicazione dell'area in esame (ovale rosso), della litologia affiorante (riquadro rosso) e dei depositi presenti nell'estratto.*

Capitolo 3 IDROGRAFIA E SOGGIACENZA DELLA FALDA

3.1 - Idrografia e rischio idraulico - Direttiva Alluvioni

Il territorio comunale di Settimo Milanese è interessato dalla presenza di alcuni elementi idrici iscritti nel reticolo idrografico principale: lo Scolmatore di Nord-Ovest e il canale Deviatore Olona.
Nei pressi dell'area in studio sono presenti elementi idrici appartenenti al reticolo idrico minore (vedasi ***Figura 3.1***).

Per quanto concerne le applicazioni e le indicazioni fornite dalla Direttiva Alluvioni e dalla D.G.R. n. X/6738 riguardante l'attuazione del Piano di Gestione dei Rischi di Alluvioni (PGRA, revisione[2] anno 2020), tutto il territorio comunale di Settimo Milanese non risulta essere soggetto a rischio idraulico derivante da alluvioni.

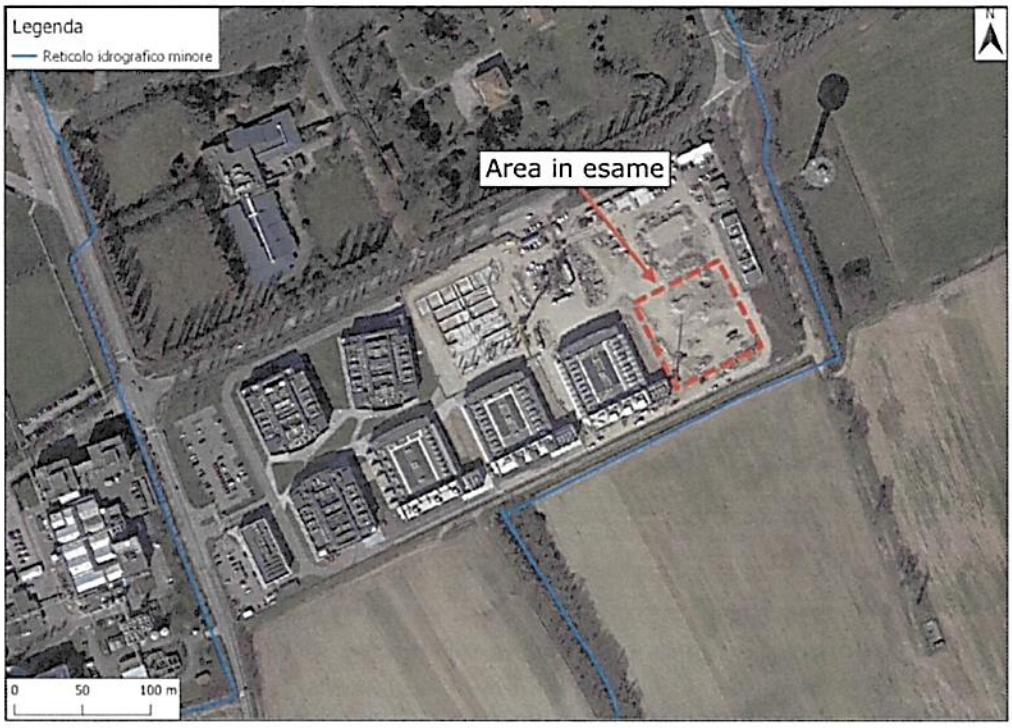


Figura 3.1 – *Stralcio del reticolo idrografico nei pressi dell'area in esame.*

[2] Le planimetrie delle carte del pericolo e del rischio sono state revisionate con l'attuazione del Decreto n. 31 dell'Autorità di Bacino del Po del 31/03/2021.

3.2 - Soggiacenza della falda

Dalla consultazione della carta idrogeologica dello studio geologico comunale (si veda ***Figura 3.2***), i cui dati[3] sono riferiti al marzo 2008, si evince che la quota della falda freatica è collocata a ca. 126,5 m slm (ca. -6,5 m dal piano campagna). A livello locale si osserva una direzione di falda tendenzialmente orientata NordOvest - SudEst.

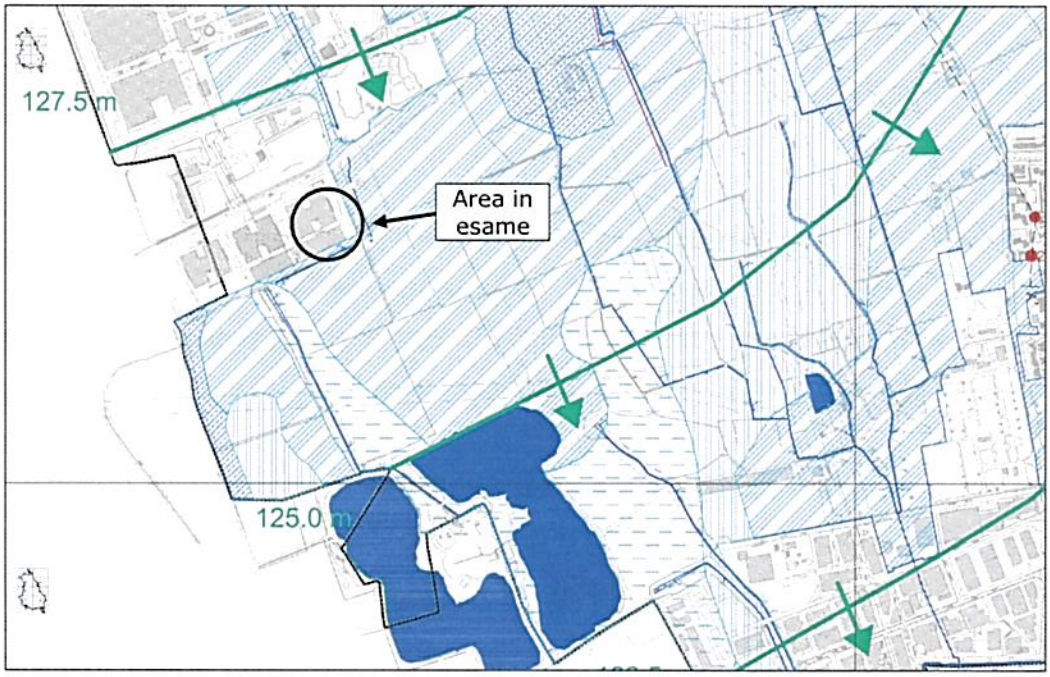
Secondo i dati reperiti presso la Regione Lombardia, e riferiti a maggio ed a settembre del 2014, il deflusso idrico sotterraneo dell'acquifero superiore si presentava ad una quota compresa tra 128,3 ÷ 128,0 m slm, ovvero corrispondenti ad una soggiacenza pari a -4,7 ÷ -5,0 m dal piano campagna (si veda ***Figura 3.3***).

All'interno del comparto è stato effettuato un sondaggio nel luglio 2013 (sondaggio A), che ha raggiuto la profondità massima di -20,0 m dal piano campagna, e in cui è stata riscontrata la falda a partire da -4,10 m dal piano campagna (ovvero alla quota di ca. 128,9 m slm).

Informazioni provenienti da letture piezometriche nei pressi dell'area in esame nel novembre del 2021 indicano che la falda superficiale si attesta a ca. -3,50 m dal piano campagna (ovvero alla quota di ca. 129,5 m slm).

Sulla base di quanto sopra riportato, si ritiene cautelativo, nella parametrazione geotecnica, assumere un valore di "*aves a lungo termine*" alla profondità di -3,0 m dal piano campagna, ovvero alla quota di 130,0 m slm. Segnaliamo inoltre la possibilità di rinvenire umidità o concentrazioni d'acqua che potrebbero formarsi, seppur per brevi periodi, a quote più vicine al p.c. rispetto a quelle sopra indicate, a causa della presenza nel sottosuolo di terreni caratterizzati anche da strati di materiali limosi a basso potere drenante.

[3] Dati del Sistema Informativo di Falda della Provincia di Milano.



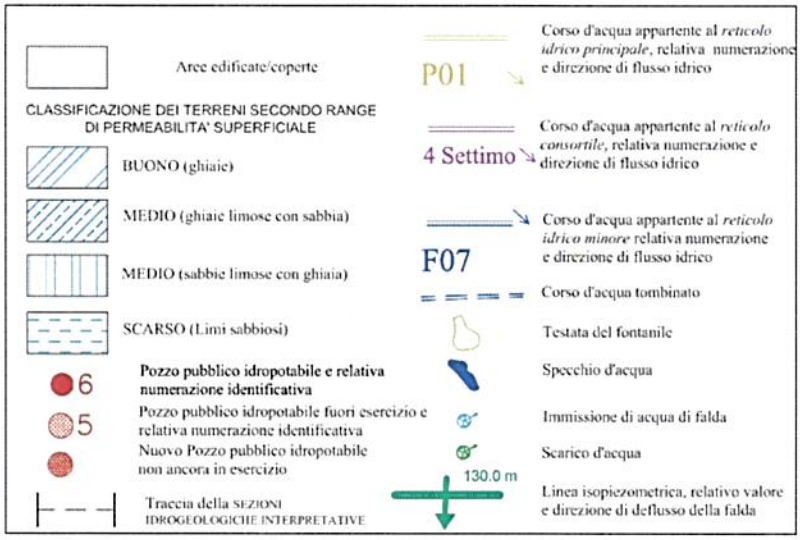

Aree edificate/coperte
CLASSIFICAZIONE DEI TERRENI SECONDO RANGE DI PERMEABILITA' SUPERFICIALE
BUONO (ghiaie)
MEDIO (ghiaie limose con sabbia)
MEDIO (sabbie limose con ghiaia)
SCARSO (Limi sabbiosi)
Pozzo pubblico idropotabile e relativa numerazione identificativa
6
Pozzo pubblico idropotabile fuori esercizio e relativa numerazione identificativa
5
Nuovo Pozzo pubblico idropotabile non ancora in esercizio
Traccia della SEZIONI IDROGEOLOGICHE INTERPRETATIVE
Corso d'acqua appartente al reticolo idrico principale, relativa numerazione e direzione di flusso idrico
P01
Corso d'acqua appartente al reticolo consortile, relativa numerazione e direzione di flusso idrico
4 Settimo
Corso d'acqua appartente al reticolo idrico minore relativa numerazione e direzione di flusso idrico
F07
Corso d'acqua tombinato
Testata del fontanile
Specchio d'acqua
Immissione di acqua di falda
Scarico d'acqua
130.0 m
Linea isopiezometrica, relativo valore e direzione di deflusso della falda

Figura 3.2 - *Estratto dell'* Allegato 3 - "Carta idrogeologica ed idrografica" *della componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT comunale e relativa legenda, con indicazione del sito in esame (cerchio nero). Immagine non in scala.*

Figura 3.3 *- Elaborazione delle informazioni sulla piezometria della falda superficiale presso l'area in esame (rappresentata dal cerchio rosso). Dati riferiti a maggio (colore azzurro) e settembre (blu) del 2014.*

Capitolo 4 FATTIBILITÀ GEOLOGICA E VINCOLI

4.1 - Fattibilità geologica

La *"Carta di fattibilità per le azioni di Piano"* dello Studio Geologico del Territorio Comunale a corredo del PGT, è il documento che sintetizza l'attitudine delle differenti aree del territorio ai fini dell'edificabilità.

Il territorio comunale viene classicamente[4] suddiviso in quattro classi di fattibilità, a grado di rischio crescente secondo il seguente schema:

CLASSE 1:	**FATTIBILITA' SENZA PARTICOLARI LIMITAZIONI** *(Tale Classe non è presente nel territorio comunale di Settimo Milanese)*
CLASSE 2:	**FATTIBILITA' CON MODESTE LIMITAZIONI**
CLASSE 3:	**FATTIBILITA' CON CONSISTENTI LIMITAZIONI**
CLASSE 4:	**FATTIBILITA' CON GRAVI LIMITAZIONI**

Dalla consultazione degli elaborati dello studio geologico del comune di Settimo Milanese (MI) a supporto del Piano di Governo del Territorio, l'area in esame ricade nella seguente classe di fattibilità geologica: **Classe 2 - Fattibilità con modeste limitazioni** (si veda ***Figura 4.1***).

Si riporta in ***Figura 4.2*** un estratto delle norme geologiche di piano per la classe di fattibilità nella quale ricade l'area in esame.

[4] Classificazione regionale ai sensi della Legge Regionale 12/2005 e s.m.i. e della D.G.R. 2616/2011.

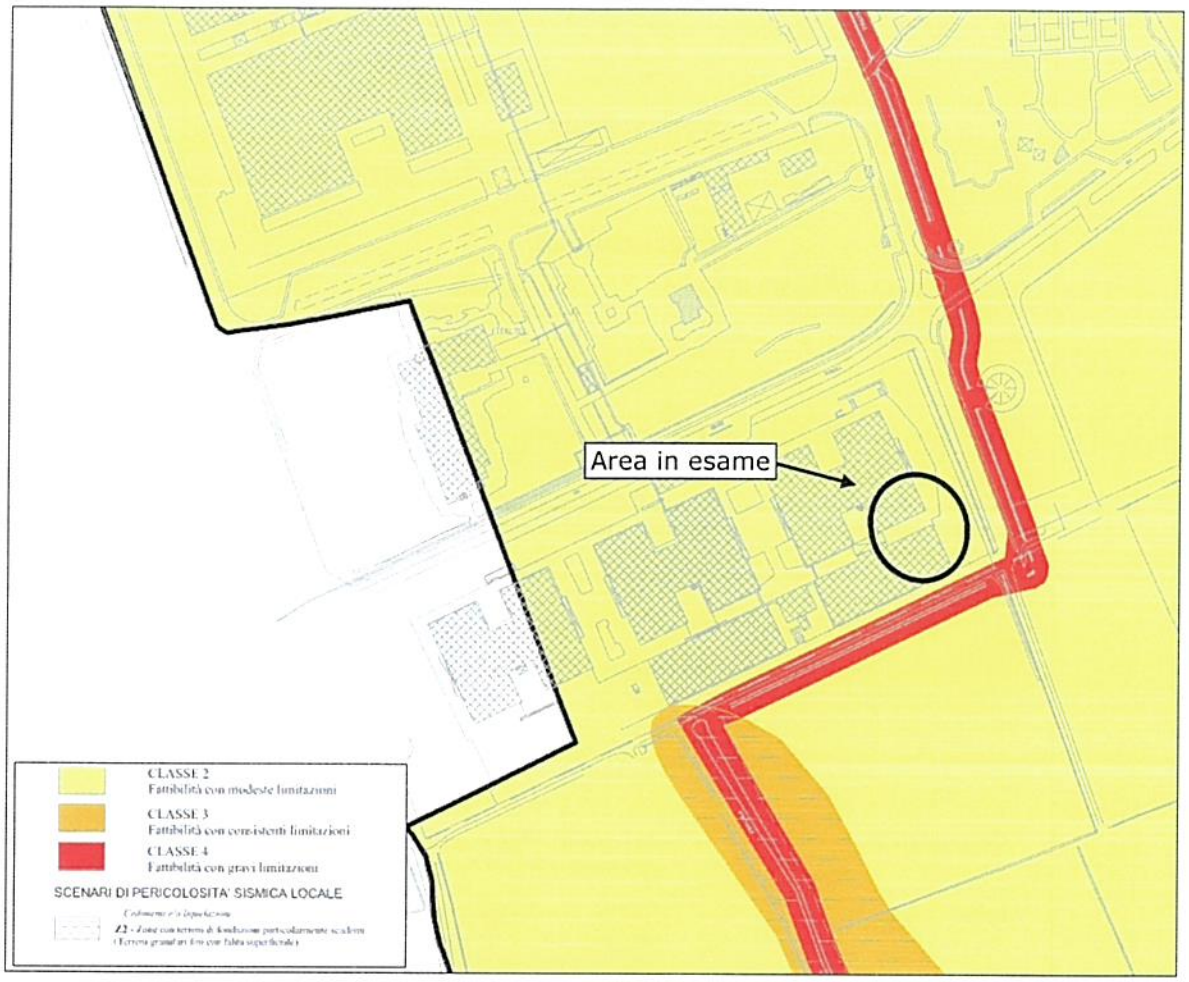


Figura 4.1 *- Stralcio dell'* Allegato 7 - *"Carta* della fattibilità geologica" *della componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT, con l'indicazione del sito in esame (ovale nero). Immagine non in scala.*

La classe comprende le zone nelle quali sono state riscontrate modeste limitazioni all'utilizzo per scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso, che possono essere superate mediante approfondimenti di indagine e accorgimenti tecnico-costruttivi e senza l'esecuzione di opere di difesa.

Ambito territoriale

Alla CLASSE 2 vengono ascritte le porzioni di territorio comunale non interessate da classi di fattibilità più elevata;

Fattori caratterizzanti

VULNERABILITA' IDROGEOLOGICA	**Medio-Elevata**
CARATTERI GEOTECNICI	**Localmente Mediocri**
VINCOLI NORMATIVI	**Vincolo Boschivo (L.R. 27/04)**
	Parco Sud Milano

Il territorio in CLASSE 2 presenta problematiche relative alla vulnerabilità idrogeologica MEDIO-ELEVATA ed alle caratteristiche geotecniche che assumono diversa valenza in funzione delle destinazioni d'uso.
In ambito urbano ed extra urbano dovranno essere valutate le possibili interazioni fra gli insediamenti industriali e le acque sotterranee, soprattutto in relazione alla presenza di POZZI per uso idropotabile.
Dovranno inoltre, essere valutate singolarmente le condizioni geotecniche locali ai fini di una corretta progettazione in ottemperanza al D.M. 14.09.05 (Norme tecniche per le costruzioni), tenuto presente che gli orizzonti superficiali presentano spesso caratteristiche geotecniche mediocri.
In presenza di condizioni geotecniche particolarmente sfavorevoli si dovrà valutare l'opportunità di eseguire il calcolo dei cedimenti relativi ed assoluti.

Prescrizioni

Destinazioni d'uso	- *In ambito urbano, quanto previsto dallo strumento urbanistico e relative varianti;*
Indagini e studi	- *Quanto previsto dal D.M. 14.09.05 (Norme tecniche per le costruzioni) e successive modifiche per opere pubbliche e private;* - *Se necessario, valutazione dei cedimenti relativi ed assoluti per i terreni di fondazione.*
Opere di riduzione del rischio	- *In ambito urbano allacciamento alla rete fognaria delle porzioni non ancora servite, censimento e bonifica dei pozzi perdenti al fine della diminuzione del grado di Rischio idrogeologico;* - *In ambito industriale, allacciamento alla rete fognaria delle porzioni non ancora servite, censimento e bonifica dei pozzi perdenti al fine della diminuzione del grado di Rischio idrogeologico;* - *I nuovi insediamenti civili ed industriali dovranno prevedere il recapito delle acque nere in fognatura;* - *Gli insediamenti agricoli e le relative attività dovranno escludere lo spagliamento superficiale di acque reflue, ovvero, il recapito delle stesse in fognatura o lo stoccaggio in vasche a tenuta.*

Figura 4.2 - *Estratto delle prescrizioni riferite alla classe di fattibilità geologica indicata per il sito in esame.*

Capitolo 5 CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL SITO

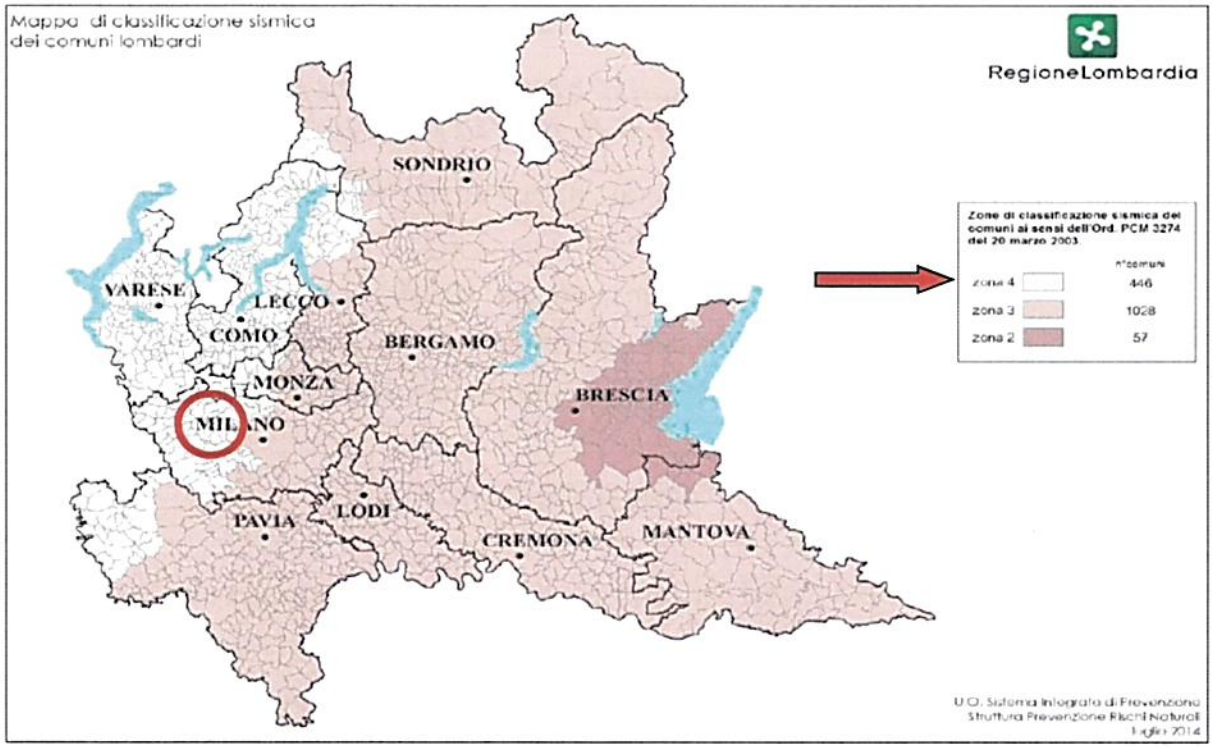
5.1 - Classificazione ai sensi dell'OPCM 3274/2003, del D.M. 17.01.2018 e della D.G.R. dell'11/07/2014 n. X/2129

La classificazione sismica del territorio nazionale è regolata dalle seguenti normative:

1. Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 30/03/03 pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale l'08/05/03: "*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale...*") e s.m.i.;
2. D.M. 17.01.2018: "*Norme Tecniche per le Costruzioni*".

Ai sensi dell'OPCM n. 3274/2003, il territorio comunale di Settimo Milanese (MI) ricade nell'elenco dei comuni in zona 4, cioè a minor rischio sismico. Successivamente la Regione Lombardia ha provveduto (D.G.R. 11/07/2014 n. X/2129-Allegato A) ad effettuare una riclassificazione del territorio regionale, confermando per il territorio comunale di Settimo Milanese la **zona sismica 4** (si veda ***Figura 5.1***), caratterizzato da un'accelerazione massima $\mathbf{Ag_{max} = 0,044794}$ (accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni).

La D.G.R. 30/03/2016 n. X/5001 pubblicata sul BURL del 07.04.2016 conferma, a partire dal 10.04.2016, l'entrata in vigore della D.G.R. 11/07/2014 n. X/2129 e definisce le linee di indirizzo e coordinamento per l'applicazione della stessa.



03015210	MI	SETTALA	3	0,066974
03015211	MI	SETTIMO MILANESE	4	0,044794
03015213	MI	SOLARO	4	0,043672

Figura 5.1 *- Mappa di classificazione sismica dei comuni lombardi (D.G.R. 11/07/2014 n. X/2129) e stralcio della tabella allegata con indicazione della relativa Ag.*

Con riferimento alle NTC 2018 il sito in oggetto, individuato dalle seguenti coordinate geografiche:

- (WGS84) **Lat 45.471825 - Long 9.040130**;
- (ED50) **Lat 45.472761 - Long 9.041193**;

rientra nel reticolo sismico di riferimento riportato in ***Figura 5.2***.

Figura 5.2 *- Reticolo sismico di riferimento per il sito in oggetto (www.geostru.com).*

Le coordinate geografiche dei siti che costituiscono il reticolo sismico di riferimento sono le seguenti (per "Distanza" si intende la distanza in metri tra il cantiere in oggetto e i siti di riferimento):

Sito 1 ID: 12258	Lat: 45,4516	Lon: 9,0041	Distanza: 3730,306
Sito 2 ID: 12259	Lat: 45,4542	Lon: 9,0752	Distanza: 3362,684
Sito 3 ID: 12037	Lat: 45,5041	Lon: 9,0714	Distanza: 4207,578
Sito 4 ID: 12036	Lat: 45,5015	Lon: 9,0003	Distanza: 4512,910

5.2 - Pericolosità sismica locale definita nel PGT - Analisi sismica di 1° livello

Lo studio geologico a supporto del PGT comunale riporta l'analisi di primo livello di approfondimento, distinguendo nel territorio ambiti a differente classe di pericolosità sismica in accordo con la normativa regionale (All. 5 della D.G.R. IX/2616/2011).

Si segnala che nell'ambito di pianura nel quale ricade l'intero territorio di Settimo Milanese non è stato individuato alcuno scenario di pericolosità sismica locale (PSL), eccetto per lo scenario Z2 corrispondente a quelle aree soggette a cedimenti e/o liquefazioni; dette aree sono caratterizzate dalla contemporanea presenza di terreni granulari fini e falda relativamente vicina al piano campagna.

Per l'area in esame non è identificato uno scenario di pericolosità sismica locale (PSL). Per ulteriori approfondimenti si rimanda alla relazione geologica redatta a supporto del PGT Comunale.

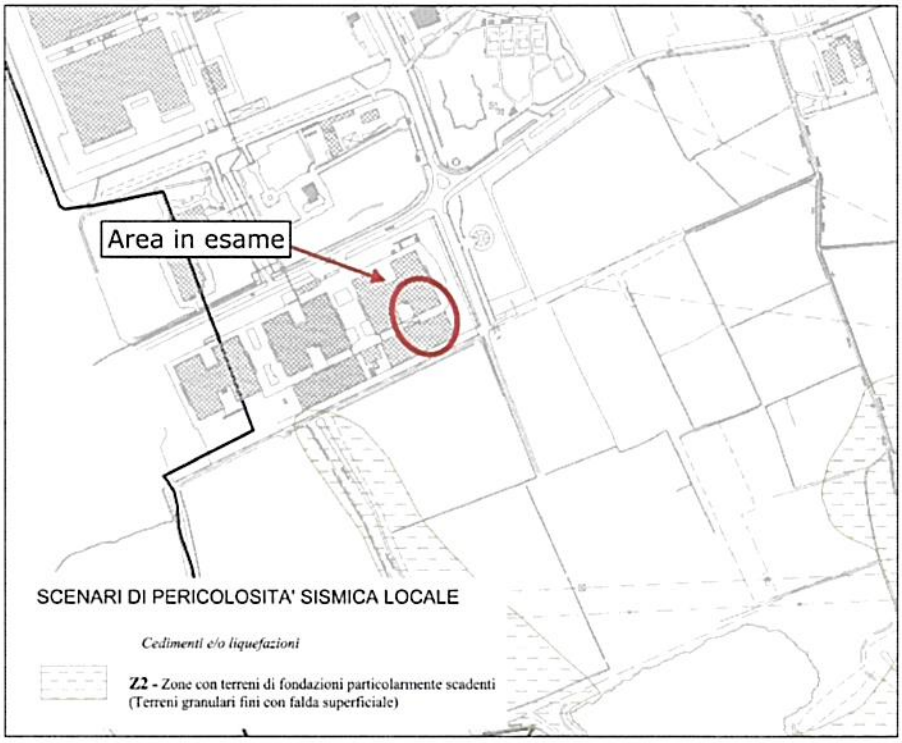

Area in esame
SCENARI DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE
Cedimenti e/o liquefazioni
Z2 - Zone con terreni di fondazioni particolarmente scadenti
(Terreni granulari fini con falda superficiale)

Figura 5.3 - *Estratto dell'* Allegato 5 - "Scenari di pericolosità sismica locale" *della componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT comunale e relativa legenda, con l'indicazione del sito in esame (ovale rosso). Immagine non in scala.*

5.3 - Categoria sismica del sottosuolo definita attraverso l'indagine geofisica svolta in sito

All'interno del complesso edilizio è stata effettuata un'indagine geofisica nel 2013 e 2014, consistita nell'esecuzione di n. 2 profili di sismica multicanale con acquisizione delle onde di superficie ed elaborazione dei dati mediante metodologia MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves). Maggiori dettagli sulla tipologia di indagine eseguita sono riportati nelle relazioni geofisiche in allegato (***Prot. 6229/2A*** e ***Prot. 6229/5A***).

Dall'indagine svolta è stato definito il valore di Vs_{30} a partire dal p.c., nonché la rispettiva Categoria di Sottosuolo, come di seguito riportato:

MASW Via Reiss Romoli Comuni di Cornaredo e Settimo Milanese		
	Vs_{30} (m/s)	**Categoria di sottosuolo**
Prot. 6229/2A	**300**	**C**
Prot. 6229/5A	**270**	**C**

Categoria di sottosuolo C: Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS_{30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero 15 < NSPT30 < 50 nei terreni a grana grossa e 70 < cu30 <250 kPa nei terreni a grana fina).

Tabella 5.1 – *Esiti dell'indagine geofisica eseguita presso il comparto ove ricade il sito in esame, consistita nella realizzazione di due stendimenti MASW.*

5.4 - Verifica a liquefazione

Per la verifica alla liquefazione, la normativa di riferimento è rappresentata dalle NTC (Norme Tecniche Costruzioni), emesse con Decreto del Ministero delle Infrastrutture, il 17 gennaio 2018 (NTC 2018).

In base a quanto previsto dalla normativa (vedasi § 7.11.3.4.2 delle NTC 2018), si è ritenuto di escludere la verifica a liquefazione in quanto, come riportato nel *Capitolo 7* di detta norma[5], per l'area di studio si verificano alcune delle circostanze favorevoli che permettono di escludere detta verifica, infatti:

- per l'area di interesse, le accelerazioni massime attese al piano campagna (facendo riferimento alla tabella 3.2.III delle NTC ed analizzando la cartografia dell'area di studio alle scale da 1:5.000 a 1:10.000, si ritiene che il sito in esame sia ubicato in un contesto caratterizzato da una morfologia sub-pianeggiante con inclinazione media < 15°, e quindi da una ***categoria topografica T1***) in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) sono inferiori[6] rispetto al valore soglia di 0,1 g (di cui al comma 1 del § 7.11.3.4.2 delle NTC 2018).

[5] Capitolo facente parte delle NTC (Norme Tecniche Costruzioni) del gennaio 2018 si fa riferimento al Capitolo 7 (Progettazione per azioni sismiche), Paragrafo 11 (opere e sistemi geotecnici), Sottoparagrafo 3.4 (Stabilità nei confronti della liquefazione).
[6] Per l'area di interesse il valore di accelerazione massima è 0,0722 g, parametro calcolato assumendo come riferimento il paragrafo 7.11.3 all'interno delle NTC 2018, classe di sottosuolo "C", classe edificio III (affollamento significativo).

Capitolo 6 ***CONCLUSIONI***

Nel presente documento sono state esaminate le condizioni geologiche generali, idrauliche e sismiche dei terreni relativi ad un'area ubicata in Settimo Milanese (MI), Via Guglielmo Reiss Romoli 33. All'interno del sito è previsto un intervento edilizio mirato alla realizzazione di un nuovo edificio denominato "Data Center DC 07", avente dimensioni in pianta 70 x 84 m, disposto su n. 2 piani f.t..

La presente relazione è conforme al D.M. 17/01/2018 ed alla D.G.R. 5001/2016.

Classe di fattibilità geologica del sito (§4)

Dalla consultazione degli elaborati dello studio geologico comunale a supporto del Piano di Governo del Territorio, l'area in esame ricade nella seguente classe di fattibilità geologica: **Classe 2 - Fattibilità con modeste limitazioni**.

Presenza di acqua nel sottosuolo (§3.2)

Dalla consultazione della carta idrogeologica dello studio geologico comunale, i cui dati sono riferiti al marzo 2008, si evince che la quota della falda freatica è collocata a ca. 126,5 m slm (ca. -6,5 m dal piano campagna).

Secondo i dati reperiti presso la Regione Lombardia, e riferiti a maggio ed a settembre del 2014, il deflusso idrico sotterraneo dell'acquifero superiore si presentava ad una quota compresa tra 128,3 ÷ 128,0 m slm, ovvero corrispondenti ad una soggiacenza pari a -4,7 ÷ -5,0 m dal piano campagna.

Durante l'esecuzione del sondaggio A nel luglio del 2013, che ha raggiuto la profondità massima di -20,0 m dal piano campagna, è stata riscontrata la falda a partire da -4,10 m dal piano campagna (ovvero alla quota di ca. 128,9 m slm).

Informazioni provenienti da letture piezometriche nei pressi dell'area in esame nel novembre del 2021 indicano che la falda superficiale si attesta a ca. -3,50 m dal piano campagna (ovvero alla quota di ca. 129,5 m slm).

Sulla base di quanto sopra riportato, si ritiene cautelativo, nella parametrazione geotecnica, assumere un valore di "*aves a lungo termine*" alla profondità di -3,00 m

dal piano campagna, ovvero alla quota di 130,0 m slm. Segnaliamo inoltre la possibilità di rinvenire umidità o concentrazioni d'acqua che potrebbero formarsi, seppur per brevi periodi, a quote più vicine al p.c. rispetto a quelle sopra indicate, a causa della presenza nel sottosuolo di terreni caratterizzati anche da strati di materiali limosi a basso potere drenante.

Classificazione sismica del sottosuolo (§5)

Lo Studio Geologico a supporto del PGT comunale non individua per l'area in esame uno scenario di pericolosità sismica locale (PSL).

Nelle immediate vicinanze all'area in esame è stata effettuata un'indagine geofisica consistita nell'esecuzione di n. 2 profili di sismica multicanale con acquisizione delle onde di superficie ed elaborazione dei dati mediante metodologia MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves). L'esito dell'indagine indica, a partire dal p.c., una Vs_{30} compresa tra 270 ÷ 300 m/s, corrispondente alla categoria di sottosuolo C.

Dott. Ge

ALLEGATI

STUDIO TECNICO GEOM. UGO CELOTTI s.r.l.
CAPITALE SOCIALE EURO 100.000,00 I.V.
VIA MINCIO, 22 – C.A.P. 20139 **M I L A N O** TEL. 02.5393977 – FAX 02.5392262
e-mail: studiocelotti@studiocelotti.it

SONDAGGI GEOGNOSTICI GEOTECNICI AMBIENTALI GEOARCHEOLOGICI – PROVE SU TERRENI DI FONDAZIONE INDAGINI E RICERCHE GEOLOGICHE E IDROLOGICHE - PERFORAZIONI PROFONDE PER GEOTERMIA PER DISPERSORI PER STRUMENTAZIONI - PROSPEZIONI GEOFISICHE GEOELETTRICHE - RILIEVI TOPOGRAFICI
C.C.I.A.A. REG. DELLE IMPRESE DI MILANO – COD.FISC.-PART.IVA 05092310969 – SOA 5496/58/01

Milano, Luglio 2013

Prot. n. 6229/2A

Spett.le
GENERALE PREFABBRICATI S.p.A.
Centro Direzionale Quattrotorri
Ellera Stazione
06132 PERUGIA

INDAGINE GEOFISICA FINALIZZATA AGLI STUDI DELLA MICROZONAZIONE SISMICA PER LA RISPOSTA LOCALE METODOLOGIA MASW

CORNAREDO (Milano)
Via Reiss Romoli

Relazione

INDICE

1 – PREMESSA.....3

2 – CENNI TEORICI.....4

3 – ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DATI.....5

3.1 – Strumentazione utilizzata.....5

3.2 – Interpretazione dei dati.....6

4 – RISULTATI.....8

5 – CONCLUSIONI E CONSIDERAZIONI.....10

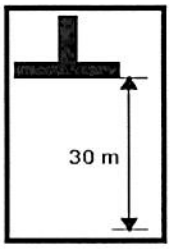
6 – ZONIZZAZIONI SISMICHE PREVISTE DA N.T.C.....10

1 - PREMESSA

Il giorno 5 luglio 2013 è stata eseguita una prospezione geofisica nel terreno di fondazione di un edificio industriale di prossima costruzione in comune di Cornaredo (Milano).
Al fine di caratterizzare la risposta sismica della zona in esame è stata registrata una sezione geosismica MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves, analisi della dispersione delle onde di Rayleigh da misure di sismica attiva – e.g. Park et al., 1999), utile a definire il profilo verticale della velocità di propagazione delle onde di taglio (Vs).
Nel loro insieme, le procedure adottate sono state eseguite in accordo alle norme tecniche per le costruzioni del DM 14 gennaio 2008 (ex DM 14/09/2005).
Queste, in buona misura, fanno risalire la stima dell'effetto di sito alle caratteristiche del profilo di velocità delle onde di taglio Vs.
La classificazione dei terreni si basa sul valore medio della velocità delle onde di taglio nei primi 30 metri di profondità (Vs30). Essa è definita dalla relazione:

CATEGORIE DI SUOLO DI FONDAZIONE

$$Vs30 = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{hi}{Vi}}$$



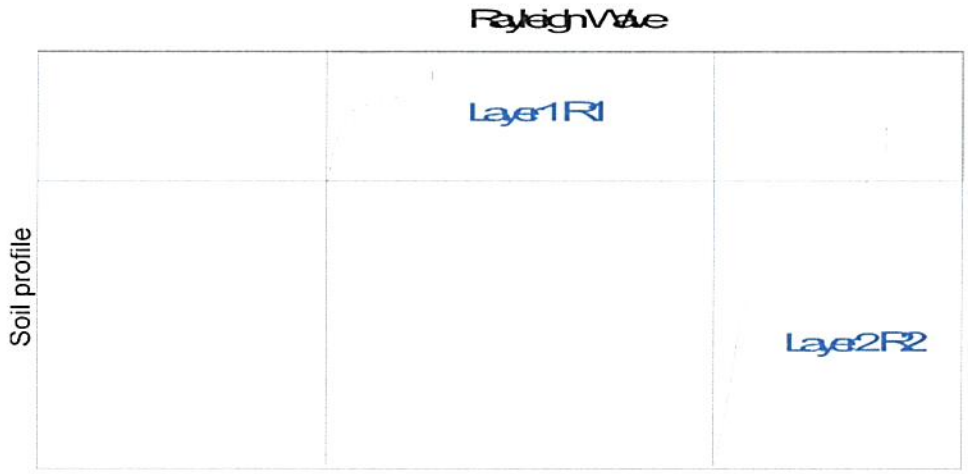
In cui Vi e hi sono rispettivamente la velocità delle onde di taglio e lo spessore dell'i-esimo strato.

2 - CENNI TEORICI

La metodologia MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) permette di ricavare le velocità delle onde di taglio verticali Vs dalla determinazione delle velocità delle onde superficiali.

La misura delle velocità delle onde superficiali viene calcolata grazie all'utilizzo di stendimenti di sensori posti in genere a distanze regolari sulla superficie del suolo da indagare.

La porzione che predomina nelle onde superficiali è costituita dalle onde di Rayleigh la cui velocità è correlata alla rigidezza e ai parametri elastici dei suoli attraversati.
E' importante tenere presente che nei mezzi stratificati le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè le alte frequenze e, quindi, con lunghezze d'onda corta, si propagano prevalentemente negli strati più superficiali del terreno, invece le onde con lunghezze maggiori tendono a coinvolgere gli strati più profondi così come di seguito illustrato.



La metodologia MASW può essere sia *attiva* che *passiva* o la combinazione di entrambe. Nel sistema attivo le onde superficiali vengono generate in un punto noto in modo non casuale e vengono registrate da stendimenti lineari di sensori. Nel metodo passivo lo stendimento di ricezione può essere sia lineare che circolare e si misura il rumore di fondo ambientale esistente.

Il metodo attivo è quello che meglio permette la classificazione sismica dei suoli perchè fornisce con un miglior dettaglio il profilo delle velocità sismiche nei primi 30 metri da piano campagna. Infatti si ottiene una curva dispersione per un range di frequenze normalmente comprese tra i 5 ed i 70 Hz la cui propagazione avviene prevalentemente nella parte più superficiale del suolo in funzione anche delle sue caratteristiche elastiche.

Dall'utilizzo del metodo passivo invece si ottiene una maggiore investigazione in termini di profondità ma una minore risoluzione delle velocità degli strati, soprattutto quelli più superficiali.

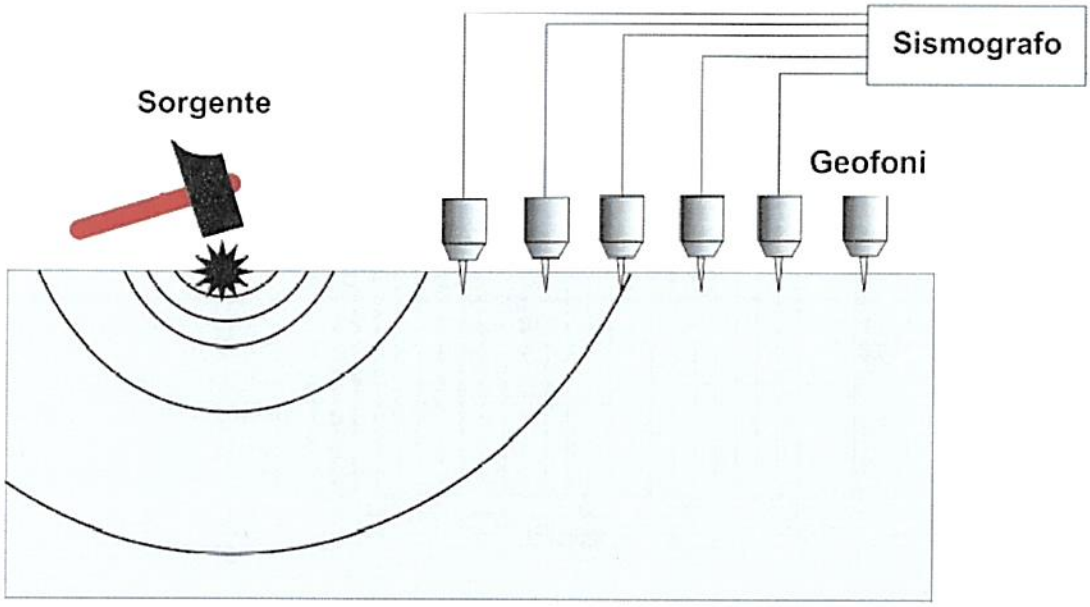
3 - ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DATI

3.1 STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

L'acquisizione è avvenuta tramite l'utilizzo di un sismografo a 24 bit modello" ECHO 24/2010 Seismic Unit" che impiega 24 canali in registrazione.
Lo strumento viene collegato ai geofoni verticali aventi frequenza propria di 4,5 Hz, posizionati sul terreno a distanza di 2 metri. Il tempo di registrazione dello strumento è fissato in 2 secondi. Gli offset di energizzazione sono pari a 5 e 10 metri e le acquisizioni vengono ripetute su entrambi i lati dello stendimento al fine di verificare l'effettiva presenza di strati piano paralleli.
Di seguito si elencano le caratteristiche tecniche della strumentazione impiegata:

Number of channels:	24+1
A/D Conversion:	24 bits
Dynamic range:	130 dB @ 1ms PG=0 dB 120 dB @ 1ms PG=18 dB
Cross talk:	>90 db
Preamplify gain:	0 db, 6 db, 12 db, 24 db, 30 db, 36 db
Frequency response:	0 to 6 KHz (30kSPS) 0 to 4,8 KHz (15kSPS) 0 to 3 KHZ (7,5kSPS) 0 to 1,5 Khz (3,5kSPS) 0 to 800Hz (2kSPS) 0 to 400Hz (1kSPS)
Acquisition and display filter:	Low Cut Out 10.15.25.35.50.70.100.200.280.400 Hz
Sampling interval:	32us,64us,128us,256us,480us,960us
Record length:	16000 samples
Stacking trigger accuracy:	1/32 of samples interval
Distorsion (THD):	0,0004 %
Max input signal:	2Vpp, Odb
Common Mode Rejection:	110 dB
Noise:	0,25 uV, 2ms, 36 Db
Pre-trigger data:	524 ms @ 32 us sample interval
Delay:	0 to 2500 ms step 10 ms
Temperature range:	-30°C/+70°C
Power:	12 Volts
Continuos recording:	HVSR
Output format:	SEG - Y

Di seguito viene riportata una figura che illustra la disposizione dei sensori e la trasmissione dell'impulso.



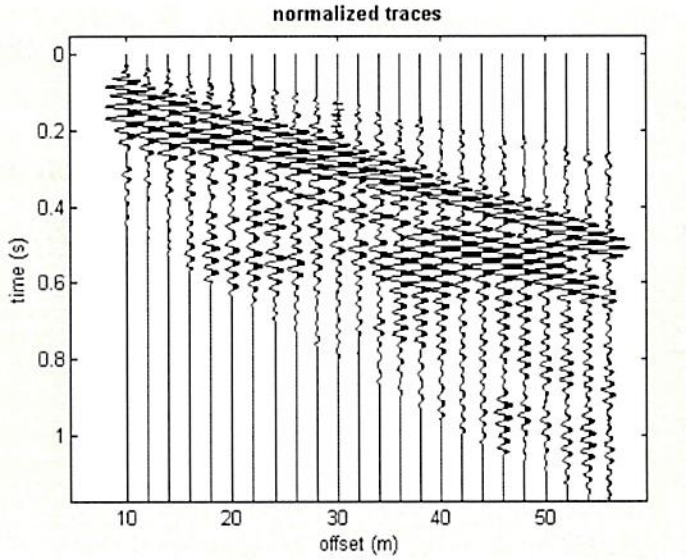
3.2 INTERPRETAZIONE DEI DATI

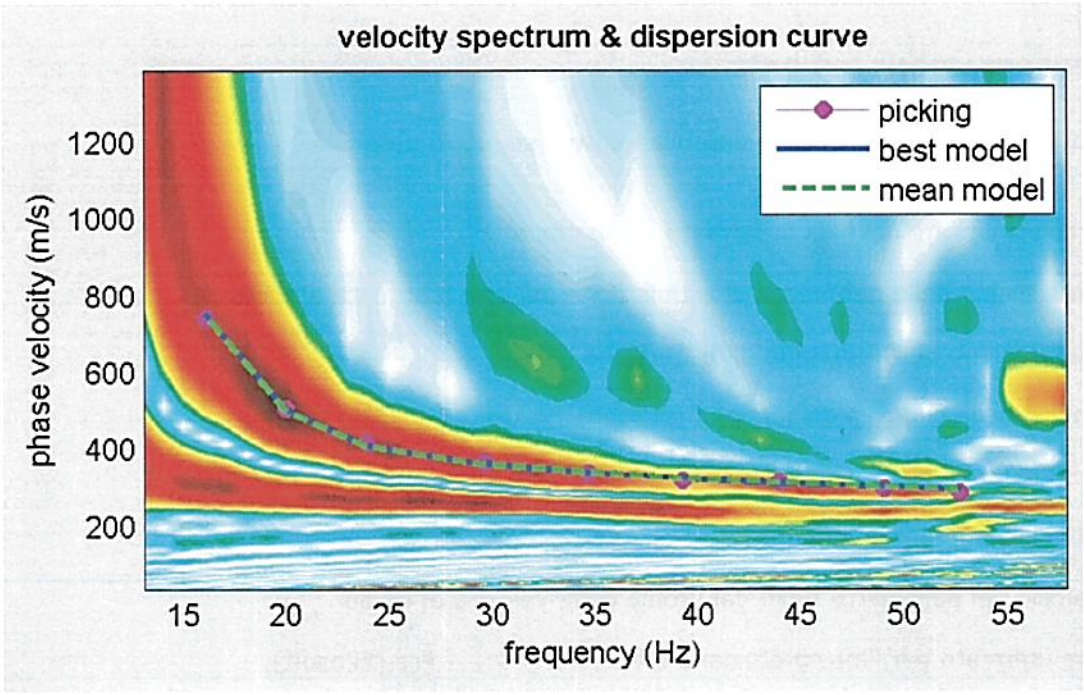
La procedura elaborativa prevede, sinteticamente, i seguenti passi:

- Trasformazione dei files in formato compatibile
- Immissione delle geometrie di acquisizione dei dati (sorgente e ricettori)
- Generazione dell'immagine di dispersione
- Analisi della curva di dispersione (picking)
- Verifica dei modi
- Modellazione e/o inversione
- Calcolo del parametro Vs30 dal profilo delle velocità di taglio

Il software utilizzato per l'interpretazione è WinMASW 4.1.1 Pro (Eliosoft).

Di seguito un esempio di acquisizione da cui si ottiene la curva di dispersione, ossia lo spettro di velocità calcolato a partire dalle tracce registrate sui geofoni dello stendimento. Viene riportato anche il piccaggio per la modellazione e/o inversione.

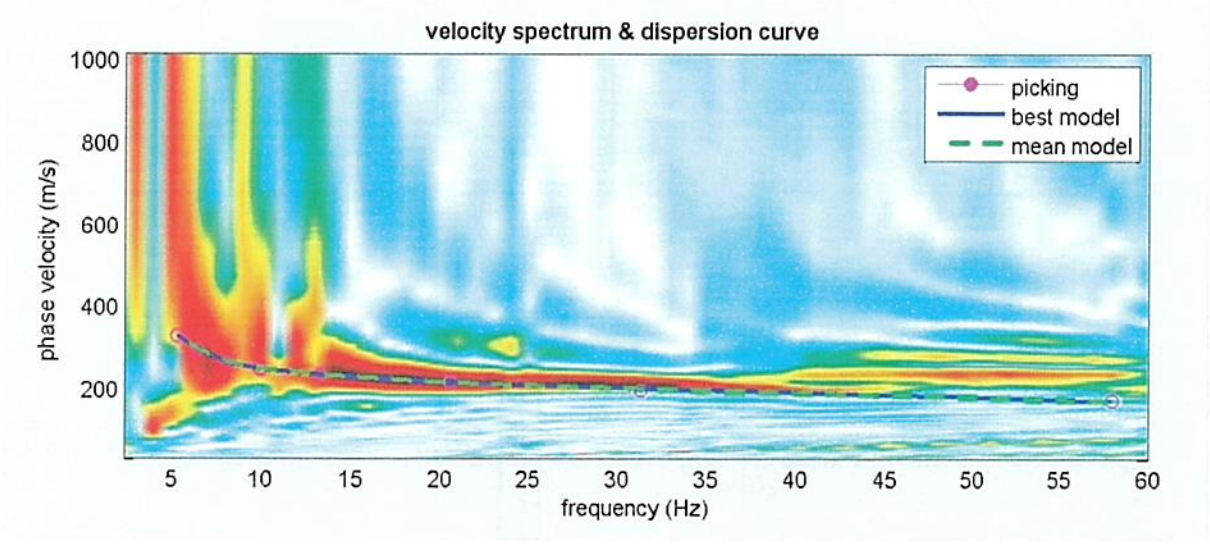




4 - RISULTATI

L'ubicazione della prova è riportata nel disegno n. 6229/1A.

L'immagine successiva propone la curva di dispersione ossia lo spettro di velocità calcolato a partire dalle tracce registrate.

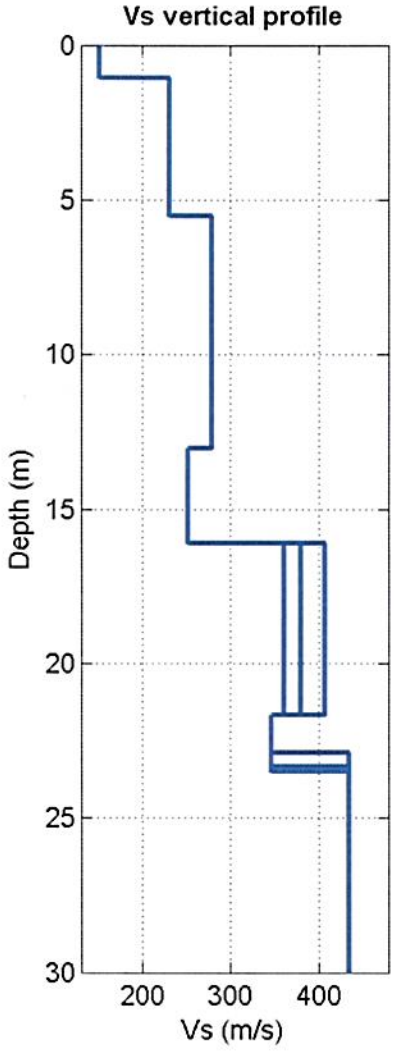


Spettro velocità sezione Masw

Il picking della curva e la modellazione diretta e/o dal processo di inversione, portano all'ottenimento della curva di dispersione interpretata e, di conseguenza, al profilo verticale delle onde di taglio Vs da cui si ricava il parametro Vs30 richiesto dalla normativa.

E' da tenere in considerazione che molteplici modelli di distribuzione delle velocità delle onde di taglio portano al medesimo risultato del parametro Vs30, ciò significa che senza un'opportuna disponibilità di dati stratigrafici attendibili il parametro di legge risulterà significativo, ma la distribuzione delle velocità sarà solamente indicativa.
Il grafico sotto riportato invece mostra il modello del profilo verticale Vs scelto come rappresentativo del singolo punto indagato.

Masw	Vs30 = 300 m/s



5 - CONCLUSIONI E CONSIDERAZIONI

L'analisi delle onde di Rayleigh a partire dai dati di sismica attiva (MASW) ha consentito di determinare i profili verticali della Vs e, di conseguenza, il parametro Vs30 per ciascun punto d'indagine.

La tabella sotto riportata mostra il valore Vs30 calcolato e la classe di suolo di appartenenza rispetto le norme tecniche per le costruzioni (DM 14 gennaio 2008, ex DM 14 settembre 2005).

Nome prova	Vs30	Classe suolo
Masw	**300**	**C**

"Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti con valori del VS30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s".

Bibliografia:

Dal Moro G., Pipan M. & Gabrielli P.,2007,Rayleigh Wave Dispersion Curve Inversion via Genetic Algorithms and Posterior Probabilità Density Evaluation, J. Appl. Geophysics, 61, 39-55

Park C. B., Miller R. D., & Xia J., 1999, Multichannel analysis of surface waves, Geophysics, 64, 3; 800 -808.

6 – ZONIZZAZIONI SISMICHE PREVISTE DA N.T.C.

Viene qui sotto riportata la classificazione sismica dei suoli secondo la normativa ufficiale italiana (modifiche del D.M. 14/09/2005 Norme Tecniche per le Costruzioni, emanate con D.M. Infrastrutture del 14/01/2008, pubblicato su Gazzetta Ufficiale Supplemento Ordinario n° 29 del 04/02/2008):

A – Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi, caratterizzati da valori di VS30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo di 3 m.

B – Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT30 > 50 nei terreni a grana grossa e cu30 > 250 kPa nei terreni a grana fina).

C – Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero 15 < NSPT30 < 50 nei terreni a grana grossa e 70 < cu30 <250 kPa nei terreni a grana fina).

D – Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 inferiori a 180 m/s (ovvero NSPT30 < 15 nei terreni a grana grossa e cu30 < 70 kPa nei terreni a grana fina).

E – Terreni dei sottosuoli dei tipi C o D per spessori non superiori a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con VS > 800 m/s).

S1 – Depositi di terreni caratterizzati da valori di VS30 inferiori a 100 m/s (ovvero 10 < cu30 < 20 kPa) che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includano almeno 3 m di torba o argille altamente organiche.

S2 – Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

STUDIO TECNICO GEOM. UGO CELOTTI s.r.l.
CAPITALE SOCIALE EURO 100.000,00 I.V.
VIA MINCIO, 22 - C.A.P. 20139 **M I L A N O** TEL. 02.5393977 - FAX 02.5392262
e-mail: studiocelotti@studiocelotti.it

SONDAGGI GEOGNOSTICI GEOTECNICI AMBIENTALI GEOARCHEOLOGICI - PROVE SU TERRENI DI FONDAZIONE
INDAGINI E RICERCHE GEOLOGICHE E IDROLOGICHE - PERFORAZIONI PROFONDE PER GEOTERMIA PER
DISPERSORI PER STRUMENTAZIONI - PROSPEZIONI GEOFISICHE GEOELETTRICHE - RILIEVI TOPOGRAFICI
C.C.I.A.A. REG. DELLE IMPRESE DI MILANO – COD.FISC.-PART.IVA 05092310969 – SOA 5496/58/01

Milano, Giugno 2014

Prot. n. 6229/5A

Spett.le
GENERALE PREFABBRICATI S.p.A.
Centro Direzionale Quattrotorri
Ellera Stazione
06132 PERUGIA

INDAGINE GEOFISICA FINALIZZATA AGLI STUDI DELLA MICROZONAZIONE SISMICA PER LA RISPOSTA LOCALE METODOLOGIA MASW

SETTIMO MILANESE (Milano)
Via Reiss Romoli

Relazione

INDICE

1 – PREMESSA.....3

2 – CENNI TEORICI.....4

3 – ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DATI.....5

3.1 – Strumentazione utilizzata.....5

3.2 – Interpretazione dei dati.....6

4 – RISULTATI.....8

5 – CONCLUSIONI E CONSIDERAZIONI.....10

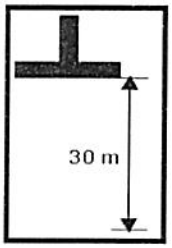
6 – ZONIZZAZIONI SISMICHE PREVISTE DA N.T.C.....10

1 - PREMESSA

Il giorno 11 giugno 2014 è stata eseguita una prospezione geofisica nel terreno di fondazione di un edificio industriale di prossima costruzione in comune di Settimo Milanese (Milano).
Al fine di caratterizzare la risposta sismica della zona in esame è stata registrata una sezione geosismica MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves, analisi della dispersione delle onde di Rayleigh da misure di sismica attiva – e.g. Park et al., 1999), utile a definire il profilo verticale della velocità di propagazione delle onde di taglio (Vs).
Nel loro insieme, le procedure adottate sono state eseguite in accordo alle norme tecniche per le costruzioni del DM 14 gennaio 2008 (ex DM 14/09/2005).
Queste, in buona misura, fanno risalire la stima dell'effetto di sito alle caratteristiche del profilo di velocità delle onde di taglio Vs.
La classificazione dei terreni si basa sul valore medio della velocità delle onde di taglio nei primi 30 metri di profondità (Vs30). Essa è definita dalla relazione:

CATEGORIE DI SUOLO DI FONDAZIONE

$$Vs30 = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{hi}{Vi}}$$



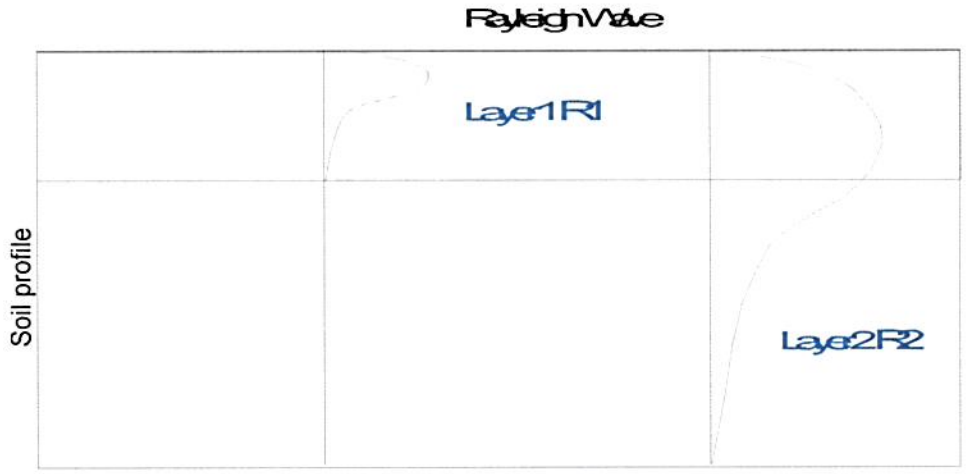
In cui Vi e hi sono rispettivamente la velocità delle onde di taglio e lo spessore dell'i-esimo strato.

2 - CENNI TEORICI

La metodologia MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) permette di ricavare le velocità delle onde di taglio verticali Vs dalla determinazione delle velocità delle onde superficiali.

La misura delle velocità delle onde superficiali viene calcolata grazie all'utilizzo di stendimenti di sensori posti in genere a distanze regolari sulla superficie del suolo da indagare.

La porzione che predomina nelle onde superficiali è costituita dalle onde di Rayleigh la cui velocità è correlata alla rigidezza e ai parametri elastici dei suoli attraversati.
E' importante tenere presente che nei mezzi stratificati le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè le alte frequenze e, quindi, con lunghezze d'onda corta, si propagano prevalentemente negli strati più superficiali del terreno, invece le onde con lunghezze maggiori tendono a coinvolgere gli strati più profondi così come di seguito illustrato.



La metodologia MASW può essere sia *attiva* che *passiva* o la combinazione di entrambe. Nel sistema attivo le onde superficiali vengono generate in un punto noto in modo non casuale e vengono registrate da stendimenti lineari di sensori. Nel metodo passivo lo stendimento di ricezione può essere sia lineare che circolare e si misura il rumore di fondo ambientale esistente.

Il metodo attivo è quello che meglio permette la classificazione sismica dei suoli perchè fornisce con un miglior dettaglio il profilo delle velocità sismiche nei primi 30 metri da piano campagna. Infatti si ottiene una curva dispersione per un range di frequenze normalmente comprese tra i 5 ed i 70 Hz la cui propagazione avviene prevalentemente nella parte più superficiale del suolo in funzione anche delle sue caratteristiche elastiche.

Dall'utilizzo del metodo passivo invece si ottiene una maggiore investigazione in termini di profondità ma una minore risoluzione delle velocità degli strati, soprattutto quelli più superficiali.

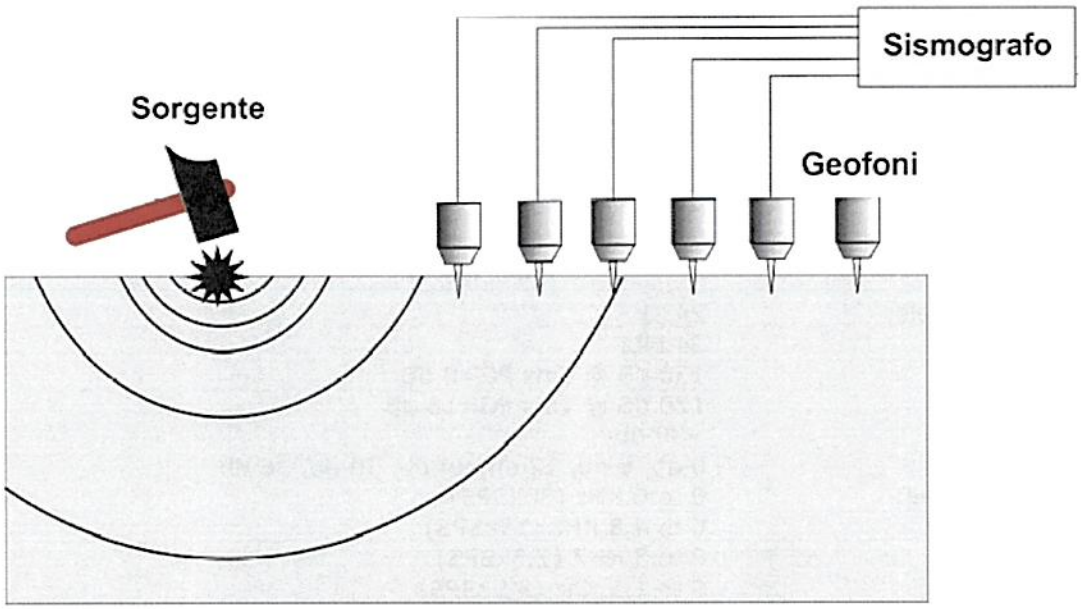
3 - ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DATI

3.1 STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

L'acquisizione è avvenuta tramite l'utilizzo di un sismografo a 24 bit modello" ECHO 24/2010 Seismic Unit" che impiega 24 canali in registrazione.
Lo strumento viene collegato ai geofoni verticali aventi frequenza propria di 4,5 Hz, posizionati sul terreno a distanza di 2 metri. Il tempo di registrazione dello strumento è fissato in 2 secondi. Gli offset di energizzazione sono pari a 5 e 10 metri e le acquisizioni vengono ripetute su entrambi i lati dello stendimento al fine di verificare l'effettiva presenza di strati piano paralleli.
Di seguito si elencano le caratteristiche tecniche della strumentazione impiegata:

Number of channels:	24+1
A/D Conversion:	24 bits
Dynamic range:	130 dB @ 1ms PG=0 dB 120 dB @ 1ms PG=18 dB
Cross talk:	>90 db
Preamplify gain:	0 db, 6 db, 12 db, 24 db, 30 db, 36 db
Frequency response:	0 to 6 KHz (30kSPS) 0 to 4,8 KHz (15kSPS) 0 to 3 KHZ (7,5kSPS) 0 to 1,5 Khz (3,5kSPS) 0 to 800Hz (2kSPS) 0 to 400Hz (1kSPS)
Acquisition and display filter:	Low Cut Out 10.15.25.35.50.70.100.200.280.400 Hz
Sampling interval:	32us,64us,128us,256us,480us,960us
Record length:	16000 samples
Stacking trigger accuracy:	1/32 of samples interval
Distorsion (THD):	0,0004 %
Max input signal:	2Vpp, Odb
Common Mode Rejection:	110 dB
Noise:	0,25 uV, 2ms, 36 Db
Pre-trigger data:	524 ms @ 32 us sample interval
Delay:	0 to 2500 ms step 10 ms
Temperature range:	-30°C/+70°C
Power:	12 Volts
Continuos recording:	HVSR
Output format:	SEG - Y

Di seguito viene riportata una figura che illustra la disposizione dei sensori e la trasmissione dell'impulso.



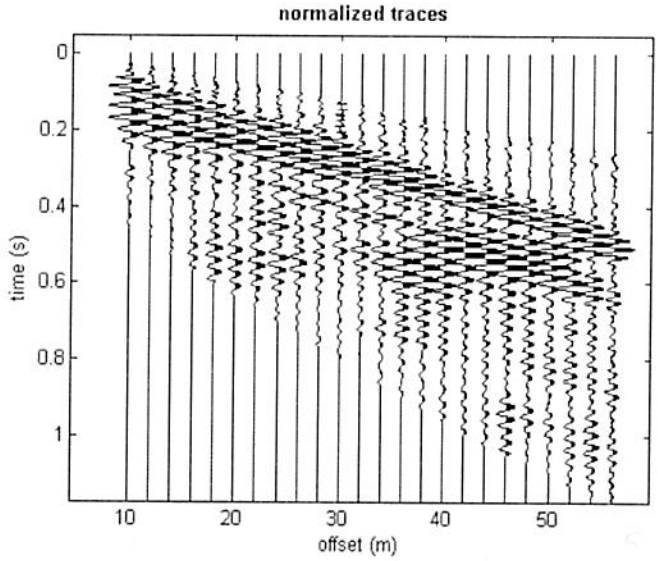
3.2 INTERPRETAZIONE DEI DATI

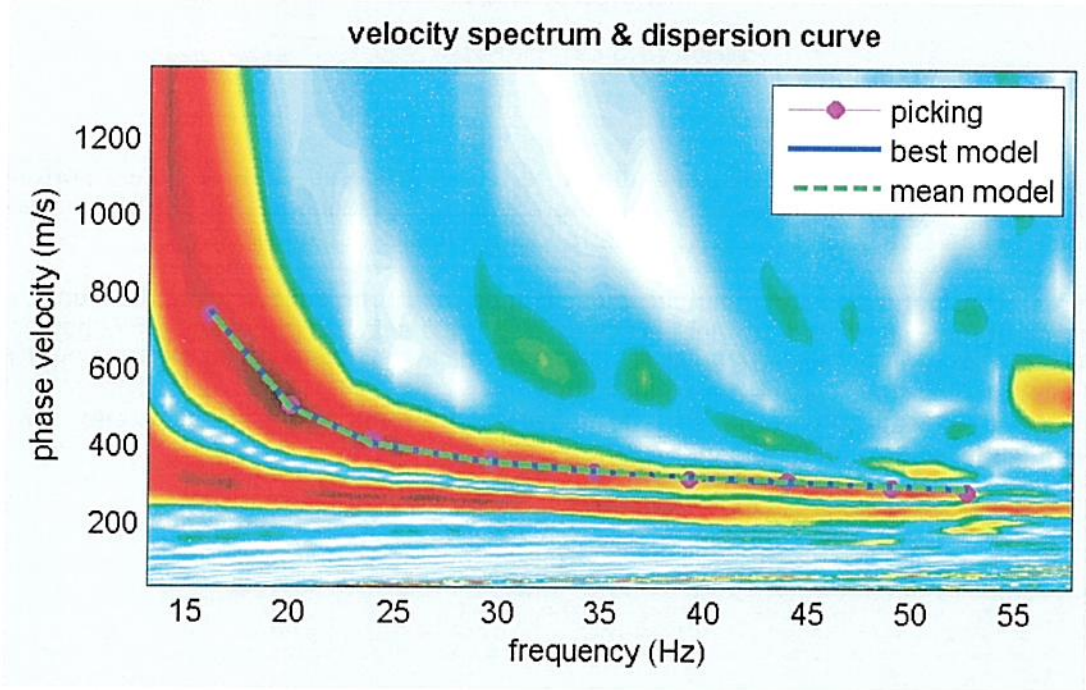
La procedura elaborativa prevede, sinteticamente, i seguenti passi:

- Trasformazione dei files in formato compatibile
- Immissione delle geometrie di acquisizione dei dati (sorgente e ricettori)
- Generazione dell'immagine di dispersione
- Analisi della curva di dispersione (picking)
- Verifica dei modi
- Modellazione e/o inversione
- Calcolo del parametro Vs30 dal profilo delle velocità di taglio

Il software utilizzato per l'interpretazione è WinMASW 4.1.1 Pro (Eliosoft).

Di seguito un esempio di acquisizione da cui si ottiene la curva di dispersione, ossia lo spettro di velocità calcolato a partire dalle tracce registrate sui geofoni dello stendimento. Viene riportato anche il piccaggio per la modellazione e/o inversione.

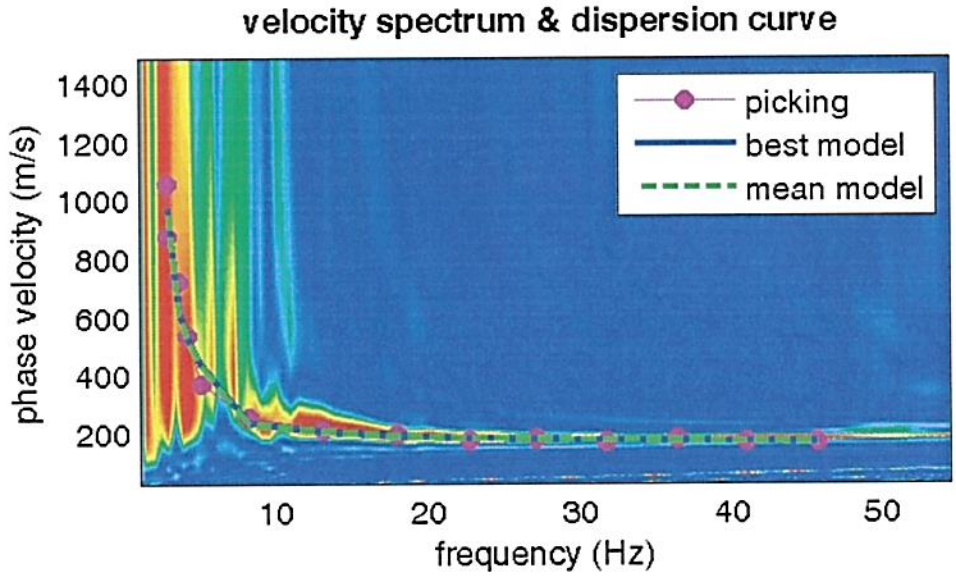




4 - RISULTATI

L'ubicazione della prova è riportata nel disegno n. 6229/4A.

L'immagine successiva propone la curva di dispersione ossia lo spettro di velocità calcolato a partire dalle tracce registrate.

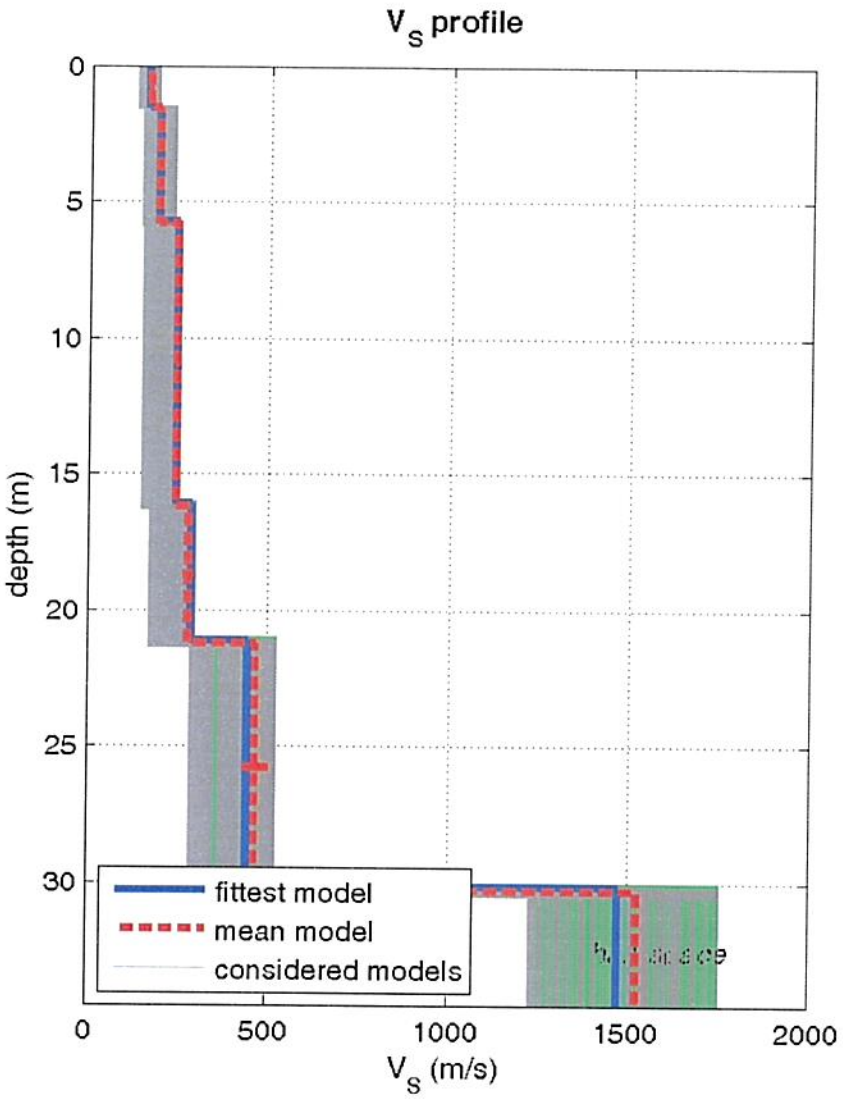


Spettro velocità sezione Masw

Il picking della curva e la modellazione diretta e/o dal processo di inversione, portano all'ottenimento della curva di dispersione interpretata e, di conseguenza, al profilo verticale delle onde di taglio Vs da cui si ricava il parametro Vs30 richiesto dalla normativa.

E' da tenere in considerazione che molteplici modelli di distribuzione delle velocità delle onde di taglio portano al medesimo risultato del parametro Vs30, ciò significa che senza un'opportuna disponibilità di dati stratigrafici attendibili il parametro di legge risulterà significativo, ma la distribuzione delle velocità sarà solamente indicativa.
Il grafico sotto riportato invece mostra il modello del profilo verticale Vs scelto come rappresentativo del singolo punto indagato.

Masw 2	Vs30 = 270 m/s



5 - CONCLUSIONI E CONSIDERAZIONI

L'analisi delle onde di Rayleigh a partire dai dati di sismica attiva (MASW) ha consentito di determinare i profili verticali della Vs e, di conseguenza, il parametro Vs30 per ciascun punto d'indagine.

La tabella sotto riportata mostra il valore Vs30 calcolato e la classe di suolo di appartenenza rispetto le norme tecniche per le costruzioni (DM 14 gennaio 2008, ex DM 14 settembre 2005).

Nome prova	Vs30	Classe suolo
Masw 2	**270**	**C**

"Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti con valori del VS30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s".

Bibliografia:

Dal Moro G., Pipan M. & Gabrielli P.,2007,Rayleigh Wave Dispersion Curve Inversion via Genetic Algorithms and Posterior Probabilità Density Evaluation, J. Appl. Geophysics, 61, 39-55

Park C. B., Miller R. D., & Xia J., 1999, Multichannel analysis of surface waves, Geophysics, 64, 3; 800 -808.

6 – ZONIZZAZIONI SISMICHE PREVISTE DA N.T.C.

Viene qui sotto riportata la classificazione sismica dei suoli secondo la normativa ufficiale italiana (modifiche del D.M. 14/09/2005 Norme Tecniche per le Costruzioni, emanate con D.M. Infrastrutture del 14/01/2008, pubblicato su Gazzetta Ufficiale Supplemento Ordinario n° 29 del 04/02/2008):

A – Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi, caratterizzati da valori di VS30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo di 3 m.

B – Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT30 > 50 nei terreni a grana grossa e cu30 > 250 kPa nei terreni a grana fina).

C – Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero 15 < NSPT30 < 50 nei terreni a grana grossa e 70 < cu30 <250 kPa nei terreni a grana fina).

D – Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 inferiori a 180 m/s (ovvero NSPT30 < 15 nei terreni a grana grossa e cu30 < 70 kPa nei terreni a grana fina).

E – Terreni dei sottosuoli dei tipi C o D per spessori non superiori a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con VS > 800 m/s).

S1 – Depositi di terreni caratterizzati da valori di VS30 inferiori a 100 m/s (ovvero 10 < cu30 < 20 kPa) che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includano almeno 3 m di torba o argille altamente organiche.

S2 – Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

STUDIO TECNICO GEOM. UGO CELOTTI s.r.l.

CAPITALE SOCIALE EURO 100.000,00 I.V.
VIA MINCIO, 22 – C.A.P. 20139 M I L A N O TEL. 02.5393977 – FAX 02.5392262
e-mail: studiocelotti@studiocelotti.it

SONDAGGI GEOGNOSTICI GEOTECNICI AMBIENTALI GEOARCHEOLOGICI – PROVE SU TERRENI DI FONDAZIONE
INDAGINI E RICERCHE GEOLOGICHE E IDROLOGICHE - PERFORAZIONI PROFONDE PER GEOTERMIA PER DISPERSORI
PER STRUMENTAZIONI - PROSPEZIONI GEOFISICHE GEOELETTRICHE - RILIEVI TOPOGRAFICI
C.C.I.A.A. REG. DELLE IMPRESE DI MILANO – COD.FISC.-PART.IVA 05092310969 – SOA 3405AL/57/01

Milano, Dicembre 2021

Prot. N. 6229/12Ab rev.01

Spett.le
GENERALE PREFABBRICATI SpA
Centro Direzionale Quattrotorri
Ellera Stazione
06132 PERUGIA (PG)

COMUNE di SETTIMO MILANESE (MI)

Via Reiss Romoli, 33

RELAZIONE GEOTECNICA

P. P. V.

Generale Prefabbricati S.p.A.
Progettista delle Strutture
Dott. Ing. Andrea Bagiana
Ordine degli Ingegneri di Perugia n. A4122

INDICE

CAPITOLO 1 PREMESSA 3

CAPITOLO 2 INDAGINI GEOTECNICHE CONDOTTE IN SITO 7

2.1 - SONDAGGI GEOGNOSTICI E PROVE SPT 8
2.2 - PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE SUPERPESANTI DPSH 9

CAPITOLO 3 CARATTERIZZAZIONE STRATIGRAFICA E GEOTECNICA 12

3.1 - IDROGEOLOGIA 12
3.2 - SISMICITÀ DELL'AREA E VERIFICA A LIQUEFAZIONE 13
3.3 - CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI 14

CAPITOLO 4 PARAMETRI GEOTECNICI DEL SITO 15

CAPITOLO 5 CALCOLI GEOTECNICI ALLO STATO LIMITE ULTIMO (§ 6.4 DELLE NTC) 22

5.1 - TRAVE B120 – TRAVE 1,20 X 28,30 M POSTA A 131,51 M SLM 24
5.2 - TRAVE B190 – TRAVE 1,90 X 28,30 M POSTA A 131,51 M SLM 25
5.3 - TRAVE B210 – TRAVE 2,10 X 28,30 M POSTA A 131,51 M SLM 26

CAPITOLO 6 CALCOLO ALLO STATO LIMITE DI ESERCIZIO (SLE) - ANALISI DEI CEDIMENTI IN FONDAZIONE 27

CAPITOLO 7 CONCLUSIONI 29

ALLEGATI

- *Disegno n. 6229/1A – "Sondaggio geognostico e geotecnico n. A - Prove penetrometriche dinamiche nn. 1 - 2";*
- *Disegno n. 6229/3A – "Prove penetrometriche dinamiche nn. 3 - 4";*
- *Disegno n. 6229/4A – "Sondaggio geognostico e geotecnico n. B - Prove penetrometriche dinamiche nn. 5 - 6";*
- *Disegno n. 6229/6A – "Prove penetrometriche dinamiche nn. 7 - 8";*
- *Disegno n. 6229/6B – "Prove penetrometriche dinamiche nn. 9 - 10";*
- *Disegno n. 6229/6C – "Prove penetrometriche dinamiche nn. 11 - 12";*
- *Disegno n. 6229/8A – "Prove penetrometriche dinamiche nn. 1 - 2";*
- *Disegno n. 6229/9A – "Prove penetrometriche dinamiche nn. 13 - 14";*
- *Disegno n. 6229/10A – "Prove penetrometriche dinamiche nn. 15 - 16".*

Generale Prefabbricati S.p.A.
Proprietà delle Stampe
Dott. Ing. Andrea Bacciu
Ordine degli Ingegneri di Perugia n. A4122

Capitolo 1 ***PREMESSA***

La presente relazione, redatta su incarico della Società ***Generale Prefabbricati SpA*** esamina, ai sensi del D.M. 17.01.2018, le condizioni geotecniche dei terreni relativi ad un'area ubicata in Settimo Milanese (MI), Via Guglielmo Reiss Romoli 33 (vedasi ***Figura 1.1 - 1.2***).

L'area in esame è ubicata all'interno del "Campus Data 4 Italy" in corso di realizzazione e consistente in una serie di edifici dedicati alla logistica, servizi e gestione dati digitali. L'intervento edilizio riguarda, nello specifico, la costruzione dell'edificio multipiano denominato "Data Center DC07", avente dimensione in pianta 70 x 84 m, disposto su n. 2 piani fuori terra. L'intervento ricade catastalmente nel foglio 15, mappale 105 (vedasi ***Figura 1.3***).

Il presente documento è redatto sulla base dell'indagine geotecnica e geofisica effettuata in sito all'interno del comparto nel periodo 2013 - 2020, e consistita nell'esecuzione di:

- n. 2 sondaggi geognostici spinti fino alla profondità di ca. -20,0 m dal piano di inizio prova, con esecuzione di prove SPT in avanzamento ogni 1,5 m;
- n. 18 prove penetrometriche dinamiche superpesanti (DPSH), con profondità massima raggiunta pari a -20,30 m dal piano di inizio prova;
- n. 2 profili di sismica multicanale con acquisizione delle onde di superficie ed elaborazione dei dati mediante metodologia MASW.

Tutti gli elaborati inerenti l'indagine geotecnica (sondaggi e prove penetrometriche dinamiche) sono riportati in allegato; gli elaborati inerenti le indagini geofisiche sono riportati in allegato alla relazione geologica (***documento 6229/12Aa***).

Come quota di "zero" del lotto si è considerata la quota media del p.c. ricavata dalla Carta Tecnica Regionale, e corrispondente a ca. 133 m slm. Si precisa che variazioni di quota dell'ordine di ±0,3 m sono da ritenersi ininfluenti ai fini dei calcoli geotecnici esposti nel presente documento.

Nella stesura del documento si è fatto riferimento, per quanto attiene le tematiche *geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche e sismiche*, allo studio geologico redatto a supporto del PGT Comunale nel febbraio 2009[1].

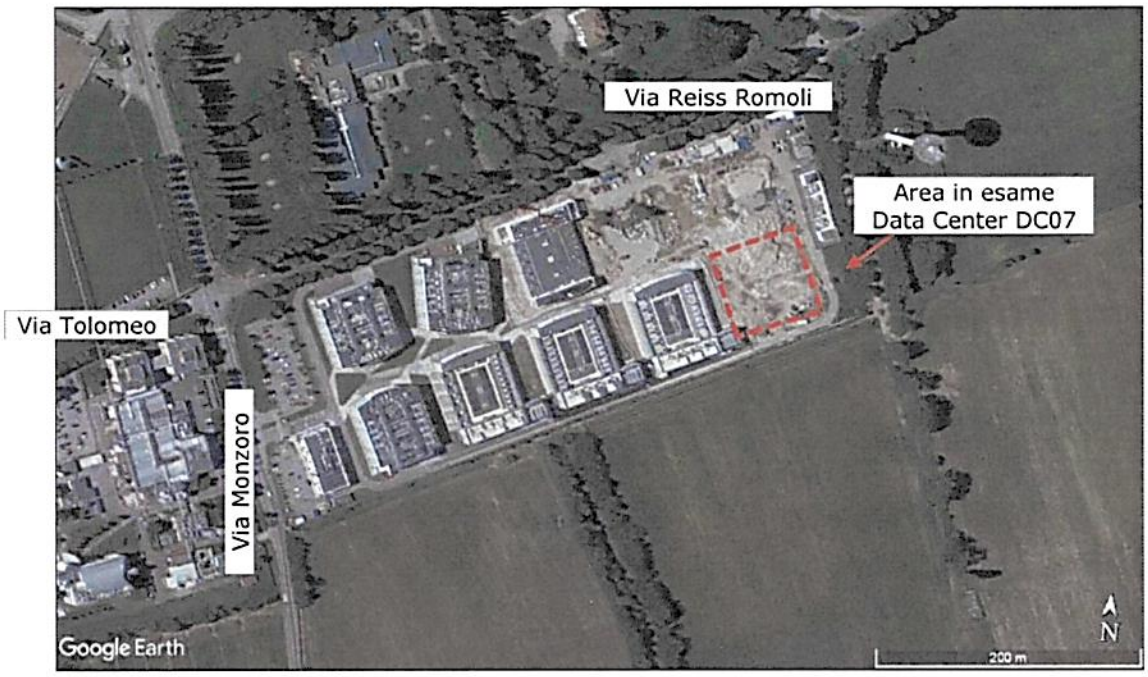


Figura 1.1 *- Ripresa satellitare (fonte: Google, maggio 2021) con indicazione dell'area in esame (poligono rosso tratteggiato).*

[1] *"Aggiornamento dello studio geologico di supporto allo strumento urbanistico generale (P.G.T.)"* redatto da Dott. Geol. Alberto Venegoni con data 26/02/2009, approvato con Delibera di Consiglio Comunale n. 80 del 19/12/2014, è divenuto efficace in data 24/02/2016 a seguito della pubblicazione dell'avviso di approvazione definitiva del Piano sul BURL Serie Avvisi e Concorsi n. 8.

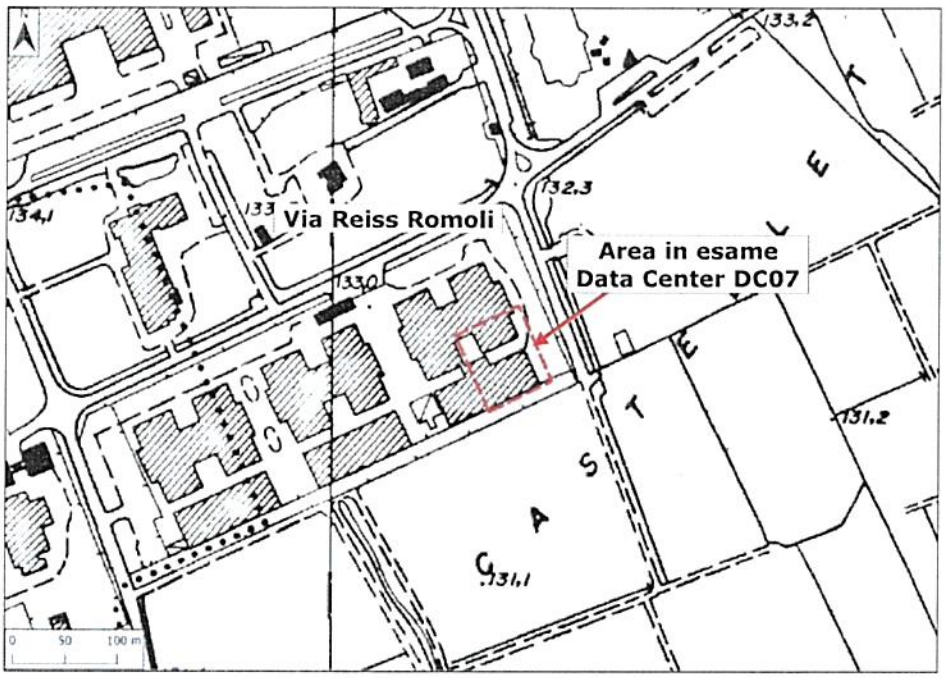


Figura 1.2 *- Estratto della Carta Tecnica Regionale (CTR) con indicazione dell'area in esame (poligono rosso tratteggiato).*

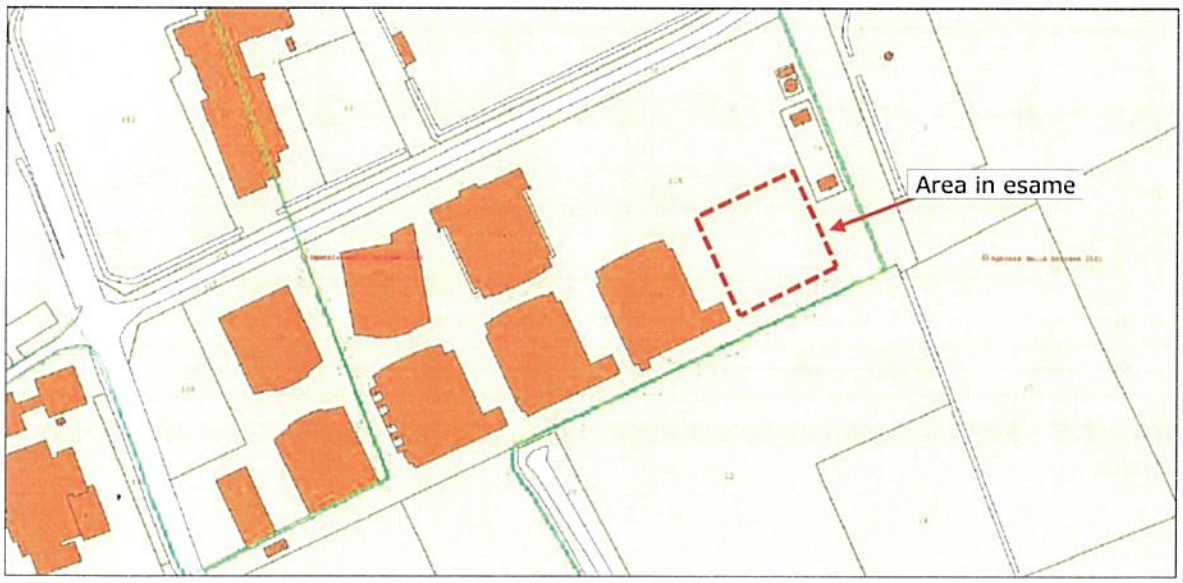


Figura 1.3 *- Estratto della planimetria catastale (fonte: Agenzia delle Entrate), con indicazione dell'area oggetto dell'intervento edilizio in esame (foglio catastale 15 del Comune di Settimo Milanese, mappale 105).*

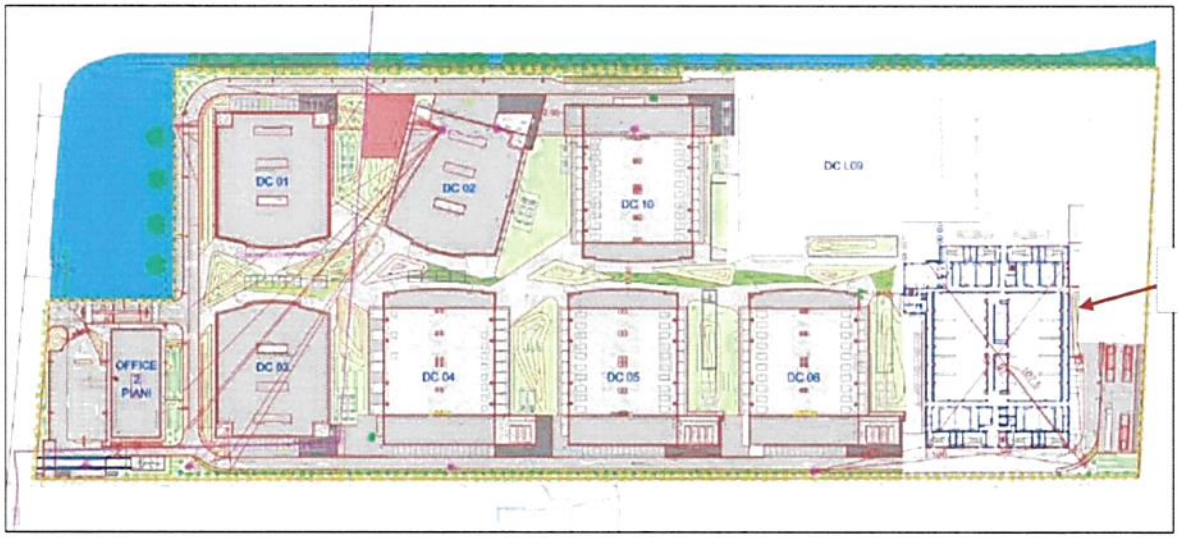


Figura 1.4 - *Planimetria schematica del campus con indicazione dell'edificio oggetto di nuova edificazione (DC 07).*

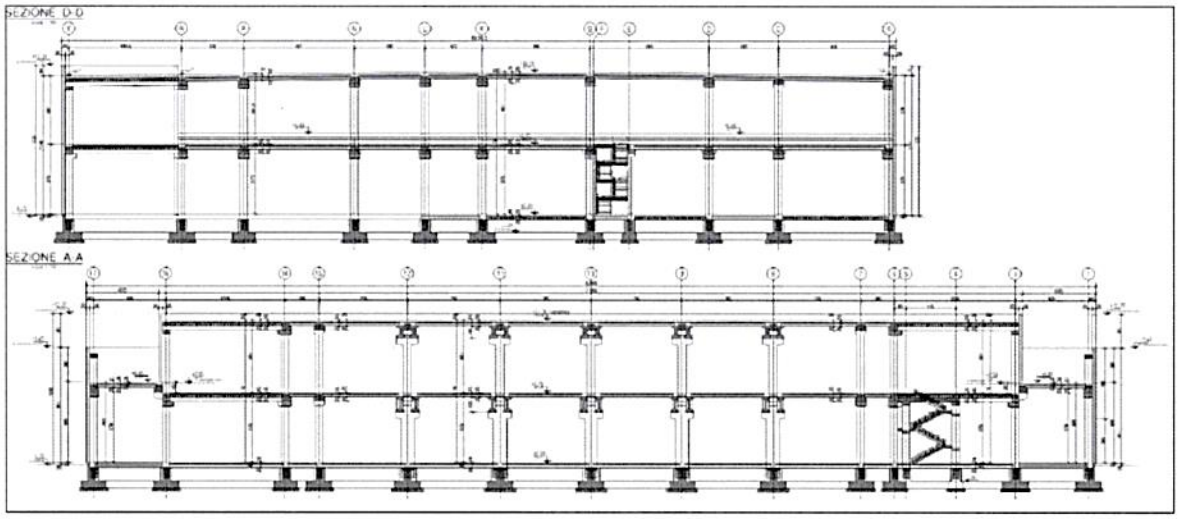


Figura 1.5 - *Sezioni schematiche dell'edificio di nuova realizzazione. Immagine non in scala.*

Capitolo 2 ***INDAGINI GEOTECNICHE CONDOTTE IN SITO***

L'indagine geotecnica condotta in sito è consistita nell'esecuzione di:

- n. 2 sondaggi geognostici spinti fino alla profondità di ca. -20,0 m dal piano di inizio prova, con esecuzione di prove SPT in avanzamento ogni 1,5 m;
- n. 18 prove penetrometriche dinamiche superpesanti (DPSH), con profondità massima raggiunta pari a -20,30 m dal piano di inizio prova.

Le indagini geotecniche di cui sopra sono state accompagnate dall'esecuzione di due stendimenti MASW.

Si riassumono nelle seguenti tabelle la dotazione dell'indagine geotecnica (***Tabella 2.1***) e i documenti di riferimento (***Tabella 2.2***) contenuti in allegato alla presente relazione.

Tipo	n. prove
Sondaggio	2
Prove penetrometriche	18
Stendimenti MASW	2

Tabella 2.1 *- Dotazione dell'indagine geotecnica effettuata nel comparto in esame.*

Documento	Data esecuzione prova	Prove eseguite
Dis. N. 6229/1A	Luglio 2013	Sondaggio n. A Prova penetrometrica 1-2
Dis. N. 6229/3A	Settembre 2013	Prova penetrometrica 3-4
Dis. N. 6229/4A	Giugno 2014	Sondaggio n. B Prova penetrometrica 5-6
Dis. N. 6229/6A	Ottobre 2014	Prova penetrometrica 7-8
Dis. N. 6229/6B	Febbraio 2017	Prova penetrometrica 9-10
Dis. N. 6229/6C	Giugno 2019	Prova penetrometrica 11-12
Dis. N. 6229/8A	Maggio 2016	Prova penetrometrica 1-2
Dis. N. 6229/9A	Giugno 2020	Prova penetrometrica 13-14
Dis. N. 6229/10A	Giugno 2020	Prova penetrometrica 15-16

Tabella 2.2 *- Riassunto delle prove eseguite nel comparto in esame.*

2.1 - Sondaggi geognostici e prove SPT

All'interno del comparto sono stati effettuati n. 2 sondaggi a carotaggio continuo eseguiti con tecnica a "rotazione", mediante un carotiere semplice. I sondaggi hanno permesso di investigare il sottosuolo fino alla profondità di -20,0 m dal piano di inizio prova.

Nel corso dell'esecuzione dei sondaggi sono state effettuate prove di resistenza alla penetrazione dinamica (Standard Penetration Test - S.P.T.): la prova SPT consiste nell'infiggere un campionatore (campionatore Raymond, o a "punta aperta") sostituito, in materiali sabbioso-ghiaiosi, da una punta conica o "punta chiusa", per 30 cm di profondità (1 piede circa), mediante un sistema a percussione costituito da un maglio di 63,5 kg di massa che cade da un'altezza di 76,2 cm (30 pollici), e annotando il numero di colpi necessari per ottenere tre successivi avanzamenti ciascuno di 15 cm. Nelle elaborazioni successive vengono sommati i colpi necessari per l'avanzamento da 15 a 45 cm, scartando cioè il valore ottenuto per il primo avanzamento che può essere influenzato dal "disturbo" operato dalle operazioni di perforazione.

Si segnala infine che nel sondaggio A è stato installato un piezometro lungo 20,0 metri, con tratta finestrata compresa tra -8,0 ÷ -20,0 m dal p.c..

Sondaggio	Data	Falda	Note
A	Luglio 2013	4,10 m	13 prove SPT prelevati 13 campioni rimaneggiati Installato piezometro
B	Giugno 2014	n. r.	13 prove SPT

***Tabella 2.3** – Prospetto riassuntivo dei sondaggi eseguiti nel comparto in esame.*

2.2 - *Prove penetrometriche dinamiche superpesanti DPSH*

Le prove eseguite consistono nella misurazione continua della resistenza alla penetrazione offerta dal terreno ad una punta standard e permettono dunque di ricostruire in modo continuo lo stato di addensamento degli strati di terreno attraversati alle varie profondità (z).

Le prove sono state eseguite a partire dal piano campagna, utilizzando un penetrometro dinamico superpesante (DPSH) Meardi – AGI (costruttore: Pagani). Con riferimento alla classificazione ISSMFE (1988) dei diversi tipi di penetrometri dinamici (si veda la ***Tabella 2.4***) si rileva una suddivisione in quattro classi in base al peso M della massa battente.

Tipo	Sigla di riferimento	Massa battente M [kg]	Prof. max indagabile [2] [m]
Leggero	*DPL (Light)*	*M ≤ 10*	*8*
Medio	*DPM (Medium)*	*10 < M < 40*	*20 ÷ 25*
Pesante	*DPH (Heavy)*	*40 ≤ M < 60*	*25*
Super pesante	***DPSH (Super Heavy)***	***M ≥ 60***	***25***

Tabella 2.4 *- Classificazione ISSMFE, 1988 dei penetrometri dinamici*

I parametri che caratterizzano il penetrometro dinamico utilizzato per la campagna geotecnica in oggetto sono stati riportati nel riquadro "***Caratteristiche tecniche dell'attrezzatura di prova***".

La metodologia di prova è standardizzata e consiste nell'infissione di una punta conica di diametro *D* e conicità α mediante una batteria d'aste di diametro *Da*, effettuata da un sistema automatico di battitura, costituito da un maglio avente peso *M* e cadente da un'altezza *H*. Durante la prova viene determinato il numero di colpi (N_{DPSH}) necessari per permettere un avanzamento della punta pari a δ da cui, attraverso l'utilizzo di relazioni analitiche, è possibile ricavare i principali parametri geotecnici di resistenza e di deformabilità del terreno investigato.

---

[2] La profondità massima indicata è riferita a condizioni ottimali di penetrazione (p. es. materiali sabbiosi poco addensati e senza ciottoli o trovanti) poiché non sempre si può operativamente raggiungere le profondità indicate.

La prova non permette di verificare direttamente la composizione granulometrica del terreno indagato (come avviene attraverso l'esecuzione di sondaggi a carotaggio); le caratteristiche granulometriche sono pertanto desunte indirettamente. Tuttavia i dati penetrometrici, confrontati con i dati ricavati dai sondaggi, hanno permesso di ricostruire con sufficiente precisione il profilo geotecnico di riferimento.

CARATTERISTICHE TECNICHE DELL'ATTREZZATURA DI PROVA

(Penetrometro DPSH)

a) peso massa battente **M=73.0 kg**
b) altezza libera caduta **H=75 cm**
c) massa passiva **Ms=0,7 kg**
d) diametro aste **Da=34 mm**
e) lunghezza aste **La=1,0 m**
f) peso aste a metro **Ma=7,0 kg/m**
g) profondità giunzione prima asta **P1=0,9 m**
h) punta conica: diametro punta conica **D=51 mm**; area base **A=20,43 cm²**; angolo di apertura **α=60°**;
i) avanzamento punta **δ=30 cm**
j) energia specifica per colpo $\mathbf{Q=(M^2*H)/[A*\delta*(M+M')]=8,93\ kg/cm^2}$
k) coefficiente teorico di energia $\beta_t=Q/Q_{spt}=8,93/7,83=1,14$

Al fine di definire i parametri geotecnici di riferimento del sottosuolo si è correlato il numero di colpi ottenuti dal penetrometro DPSH utilizzato (N_{DPSH} o N_{SCPT}) con il numero di colpi (N_{SPT}) relativo alle prove penetrometriche standard in foro di sondaggio (Standard Penetration Test). Infatti, essendo l'energia specifica per colpo relativa alla prova SPT in foro nota ($Q_{spt}=7,83\ kg/cm^2$) si ottiene:

$$N_{SPT}=\beta_t*N_{DPSH}=1,14*N_{DPSH}$$

Si riassumono in ***Tabella 2.5*** le principali caratteristiche delle prove penetrometriche dinamiche effettuate presso il comparto in esame.

Prova	Data	Disegno	Profondità inizio prova	Fine prova	Note
1	Luglio 2013	62291H	0,00 m	20,30 m	
2	Luglio 2013	62292H	0,00 m	20,30 m	
3	Settembre 2013	62293H	0,10 m	20,40 m	Acqua da 4,60 m
4	Settembre 2013	62294H	0,10 m	20,40 m	Acqua da 4,70 m
5	Giugno 2014	62295H	0,20 m	17,10 m	
6	Giugno 2004	62296H	0,00 m	18,00 m	
7	Ottobre 2014	62297H	0,10 m	19,65 m	Acqua da 5,40 m
8	Ottobre 2014	62298H	0,20 m	19,10 m	Acqua da 5,00 m
9	Febbraio 2017	62299H	0,10 m	17,40 m	
10	Febbraio 2017	622910H	0,00 m	17,30 m	
11	Giugno 2019	622911H	0,20 m	19,00 m	
12	Giugno 2019	622912H	0,00 m	18,80 m	
13	Giugno 2020	6229P13H	0,00 m	20,00 m	
14	Giugno 2020	6229P14H	0,10 m	20,10 m	
15	Giugno 2020	6229P15H	0,20 m	20,20 m	
16	Giugno 2020	6229P16H	0,00 m	20,00 m	
1	Giugno 2016	6229P1H	1,70 m	20,50 m	Acqua da 7,30 m Zero rif. +135,00 m slm Inizio prova + 133,30 m slm
2	Giugno 2016	6229P2H	2,60 m	21,40 m	Zero rif. +135,00 m slm Inizio prova + 132,40 m slm

Tabella 2.5 *- Prospetto riassuntivo delle prove penetrometriche dinamiche eseguite nel comparto in esame.*

Capitolo 3 CARATTERIZZAZIONE STRATIGRAFICA E GEOTECNICA

3.1 - Idrogeologia

Dalla consultazione della carta idrogeologica dello studio geologico comunale, i cui dati sono riferiti al marzo 2008, si evince che la quota della falda freatica è collocata a ca. 126,5 m slm (ca. -6,5 m dal piano campagna). A livello locale si osserva una direzione di falda tendenzialmente orientata NordOvest - SudEst.

Secondo i dati reperiti presso la Regione Lombardia, e riferiti a maggio ed a settembre del 2014, il deflusso idrico sotterraneo dell'acquifero superiore si presentava ad una quota compresa tra 128,3 ÷ 128,0 m slm, ovvero corrispondenti ad una soggiacenza pari a -4,7 ÷ -5,0 m dal piano campagna.

All'interno del comparto è stato effettuato un sondaggio nel luglio 2013 (sondaggio A), che ha raggiuto la profondità massima di -20,0 m dal piano campagna, e dove è stata riscontrata la falda a partire da -4,10 m dal piano campagna (ovvero alla quota di ca. 128,9 m slm).

Informazioni provenienti da letture piezometriche nei pressi dell'area in esame nel novembre del 2021 indicano che la falda superficiale si attesta a ca. -3,50 m dal piano campagna (ovvero alla quota di ca. 129,5 m slm).

Sulla base di quanto sopra riportato, si ritiene cautelativo, nella parametrazione geotecnica, assumere un valore di "*aves a lungo termine*" alla profondità di -3,0 m dal piano campagna, ovvero alla quota di 130,0 m slm. Segnaliamo inoltre la possibilità di rinvenire umidità o concentrazioni d'acqua che potrebbero formarsi, seppur per brevi periodi, a quote più vicine al p.c. rispetto a quelle sopra indicate, a causa della presenza nel sottosuolo di terreni caratterizzati anche da strati di materiali limosi a basso potere drenante.

3.2 - *Sismicità dell'area e verifica a liquefazione*

Nel seguito viene fornito un inquadramento generale sulla classificazione sismica dell'area in esame nel rispetto delle disposizioni delle Norme Tecniche per le Costruzioni del Decreto Ministeriale del 17/01/2018.
Sulla scorta dei risultati acquisiti dall'indagine geofisica effettuata nell'ambito del comparto oggetto di studio (n. 2 prove MASW), per i terreni in esame è stato determinato un valore di Vs_{30} compreso tra 270 ÷ 300 m/s, corrispondente alla Categoria di sottosuolo C.

Per la verifica alla liquefazione, la normativa di riferimento è rappresentata dalle NTC (Norme Tecniche Costruzioni), emesse con Decreto del Ministero delle Infrastrutture, il 17 gennaio 2018 (NTC 2018).

In base a quanto previsto dalla normativa (vedasi § 7.11.3.4.2 delle NTC 2018), si è ritenuto di escludere la verifica a liquefazione in quanto, come riportato nel *Capitolo 7* di detta norma[3], per l'area di studio si verificano alcune delle circostanze favorevoli che permettono di escludere detta verifica, infatti:

- per l'area di interesse, le accelerazioni massime attese al piano campagna (facendo riferimento alla tabella 3.2.III delle NTC ed analizzando la cartografia dell'area di studio a scale da 1:5.000 a 1:10.000, poiché il sito in esame è ubicato in un contesto caratterizzato da una morfologia sub-pianeggiante con inclinazione media del piano campagna < 15°, e quindi da una ***categoria topografica T1***) in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) sono inferiori[4] rispetto al valore soglia di 0,1 g (di cui al comma 1 del § 7.11.3.4.2 delle NTC 2018).

[3] Capitolo facente parte delle NTC (Norme Tecniche Costruzioni) del gennaio 2018 si fa riferimento al Capitolo 7 (Progettazione per azioni sismiche), Paragrafo 11 (opere e sistemi geotecnici), Sottoparagrafo 3.4 (Stabilità nei confronti della liquefazione).
[4] Per l'area di interesse il valore di accelerazione massima è 0,0722 g, parametro calcolato assumendo come riferimento il paragrafo 7.11.3 all'interno delle NTC 2018, classe di sottosuolo "C", classe edificio III (affollamento significativo).

3.3 - Caratteristiche geotecniche dei terreni

Sulla scorta dei risultati relativi all'indagine geotecnica svolta in corrispondenza del sito è stato definito il relativo profilo stratigrafico e geotecnico di riferimento. Partendo dalla quota di inizio indagine è stata definita la successione stratigrafica riportata in ***Tabella 3.1***.

Strato	Quota (m slm)	Prof. strato (m dal p.c.)	N_{SPT} medio	Descrizione strato	Stato di addensamento (AGI, 1977)
A	133,0 ÷ 131,6	0,0 ÷ -1,4	7	Sabbia debolmente limosa e ghiaiosa, riporto	Poco addensato
B	131,6 ÷ 129,0	-1,4 ÷ -4,0	11	Sabbia fine con ghiaia debolmente limosa. Livelli limo sabbioso	Moderatamente addensato
C	129,0 ÷ 126,0	-4,0 ÷ -7,0	5	Sabbia limosa con ghiaia media	Poco addensato
D	126,0 ÷ 121,0	-7,0 ÷ -12,0	8	Sabbia media ghiaiosa limosa	Poco addensato
E	121,0 ÷ 119,0	-12,0 ÷ -14,0	10	Ghiaia media con sabbia media	Moderatamente addensato
F	119,0 ÷ 113,0	-14,0 ÷ -20,0	21	Ghiaia media con sabbia media, talvolta ciottolosa	Moderatamente addensato

Tabella 3.1 *- Identificazione degli strati attraversati dall'indagine geotecnica; in tabella è indicata la classificazione, in base allo stato di addensamento (A.G.I., 1977), degli strati di terreno attraversati. La natura dei terreni riportata è da ritenersi orientativa e non può essere considerata utile al fine di classificare dal punto di vista merceologico i terreni di fondazione.*

Capitolo 4 ***PARAMETRI GEOTECNICI DEL SITO***

La parametrazione geotecnica è basata sui dati desunti dalle prove penetrometriche P1 - P2 - P15 - P16 (disegni 6229P1H - 6229P2H - 6229P15H - 6229P16H) eseguite in prossimità del sedime dell'area DC 07, oltre che i risultati dei sondaggi a carotaggio A e B (eseguiti rispettivamente nei pressi dell'edificio DC03 e del DC02). Di seguito si riporta planimetria delle posizioni delle prove citate e andamento dei grafici di resistenza alla penetrazione.

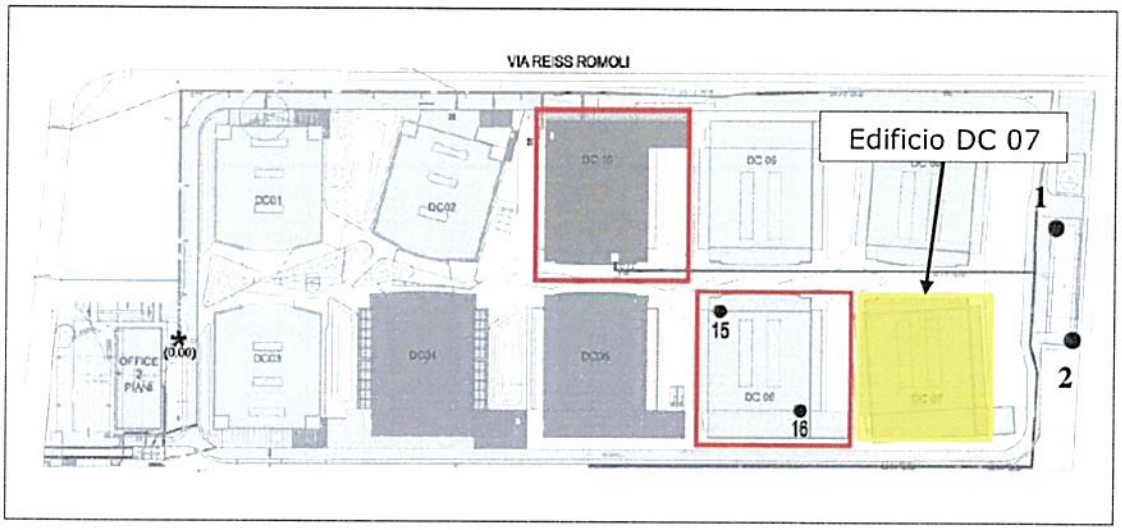


Figura 4.1 *- Ubicazione delle prove penetrometriche P1 - P2 - P15 - P16. Immagine non in scala.*

Al fine di definire il modello geotecnico del sottosuolo riferito all'intervento edilizio in oggetto, si è proceduto alla determinazione dei principali parametri geotecnici caratteristici (di resistenza e di deformabilità) tramite le correlazioni di seguito riportate.

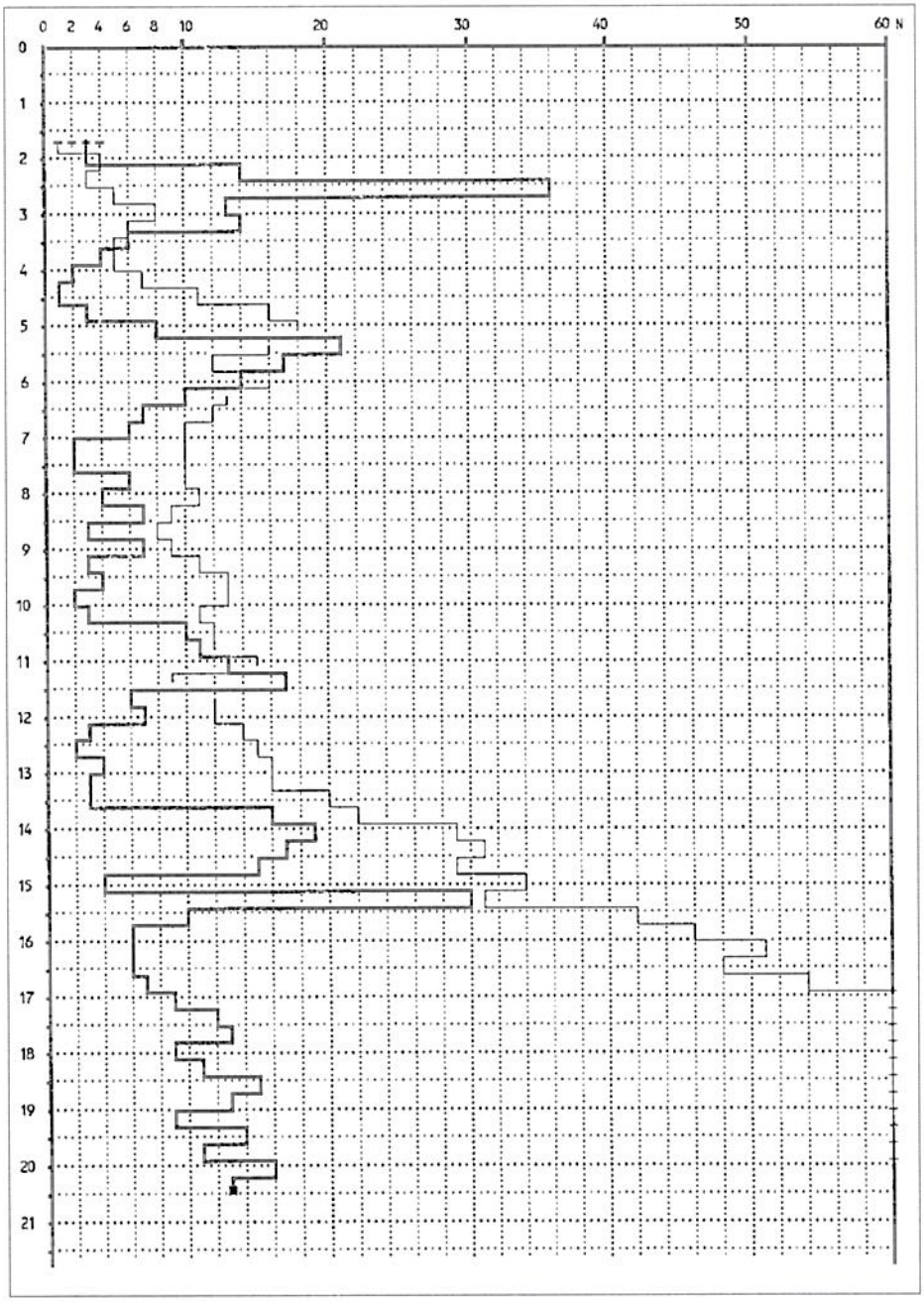


Figura 4.2 *- Profilo penetrometrico prova P1 (disegno 6229P1H).*

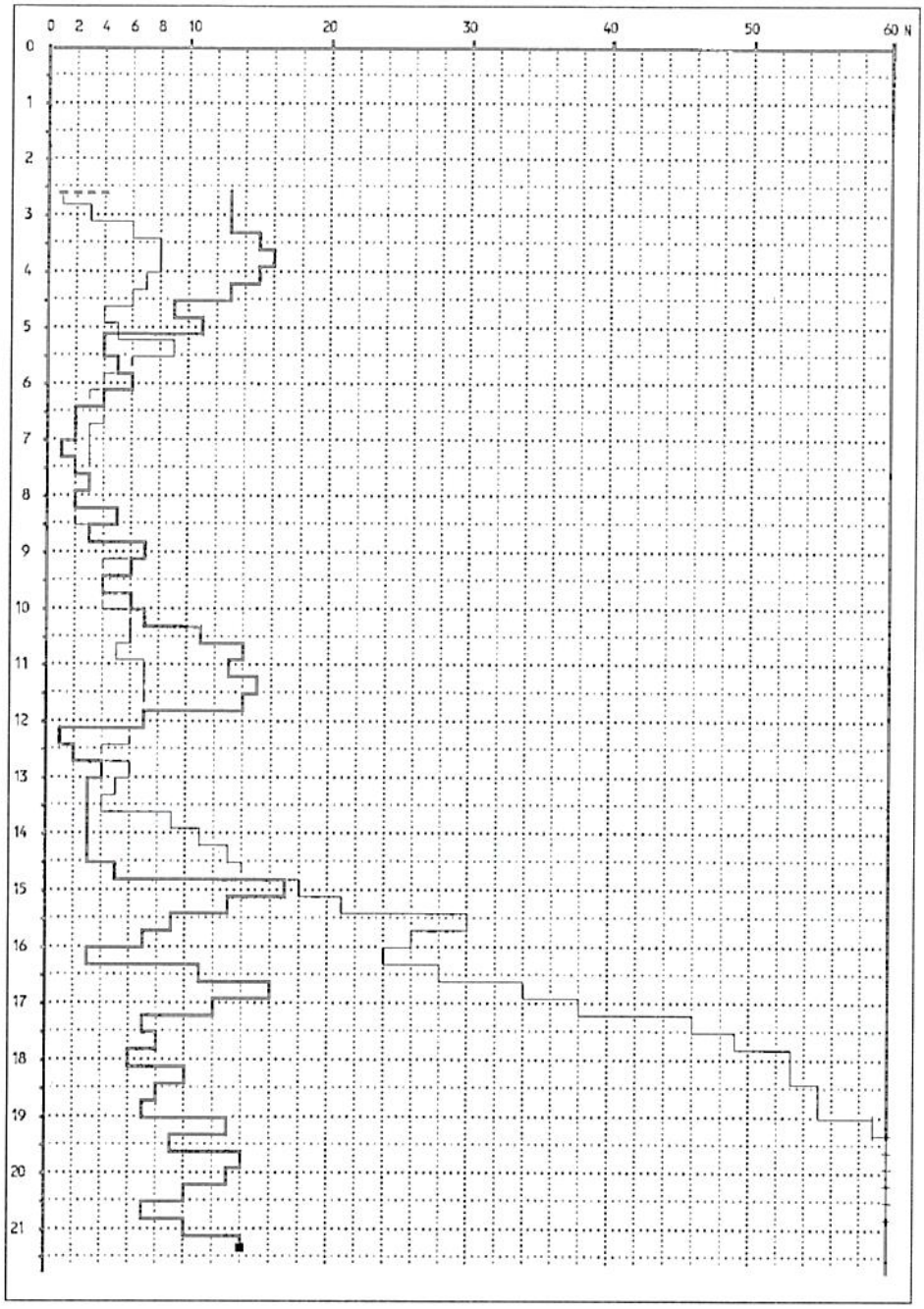


Figura 4.3 *- Profilo penetrometrico prova P2 (disegno 6229P2H).*

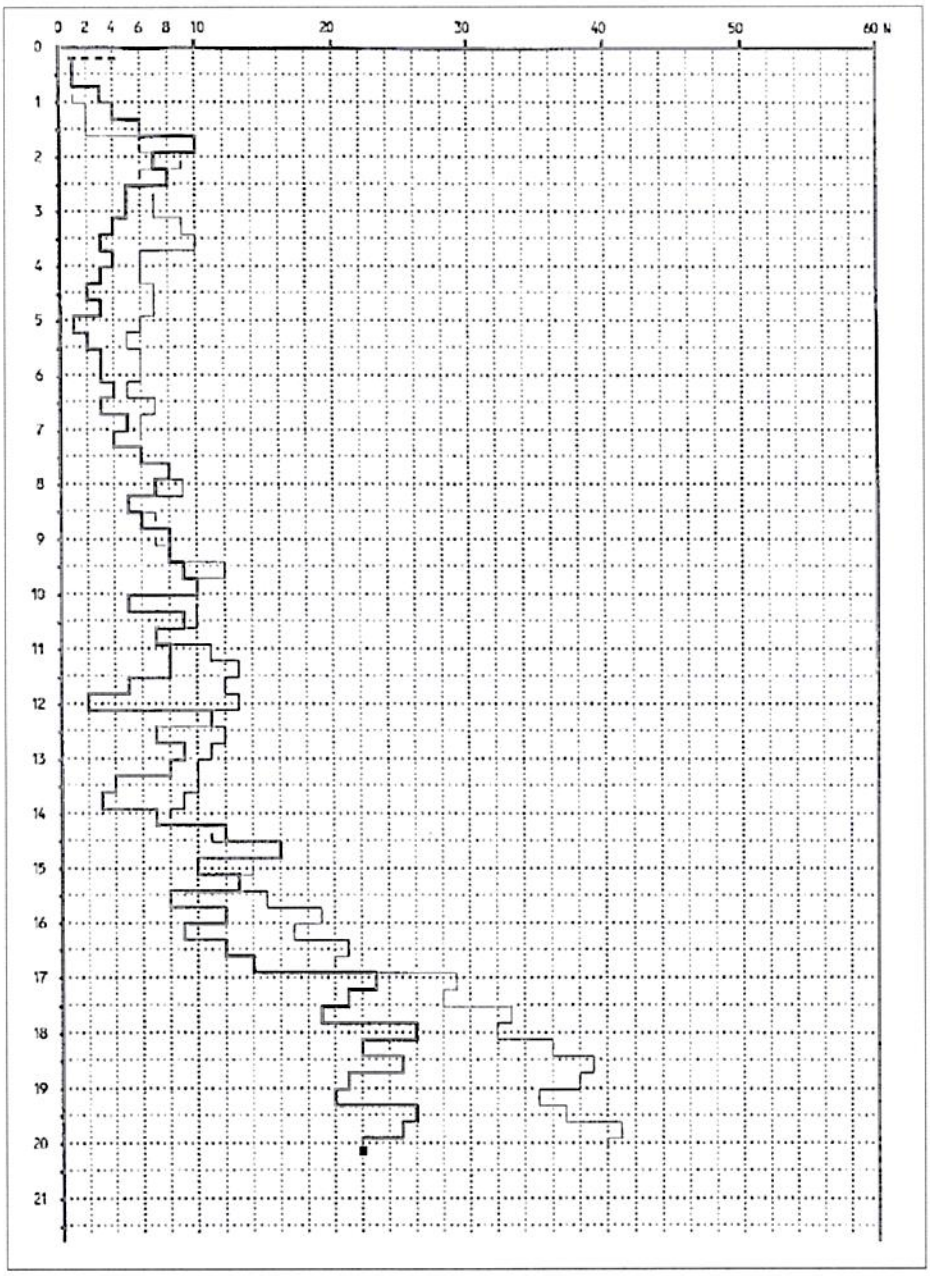


Figura 4.4 *- Profilo penetrometrico prova P15 (disegno 6229P15H).*

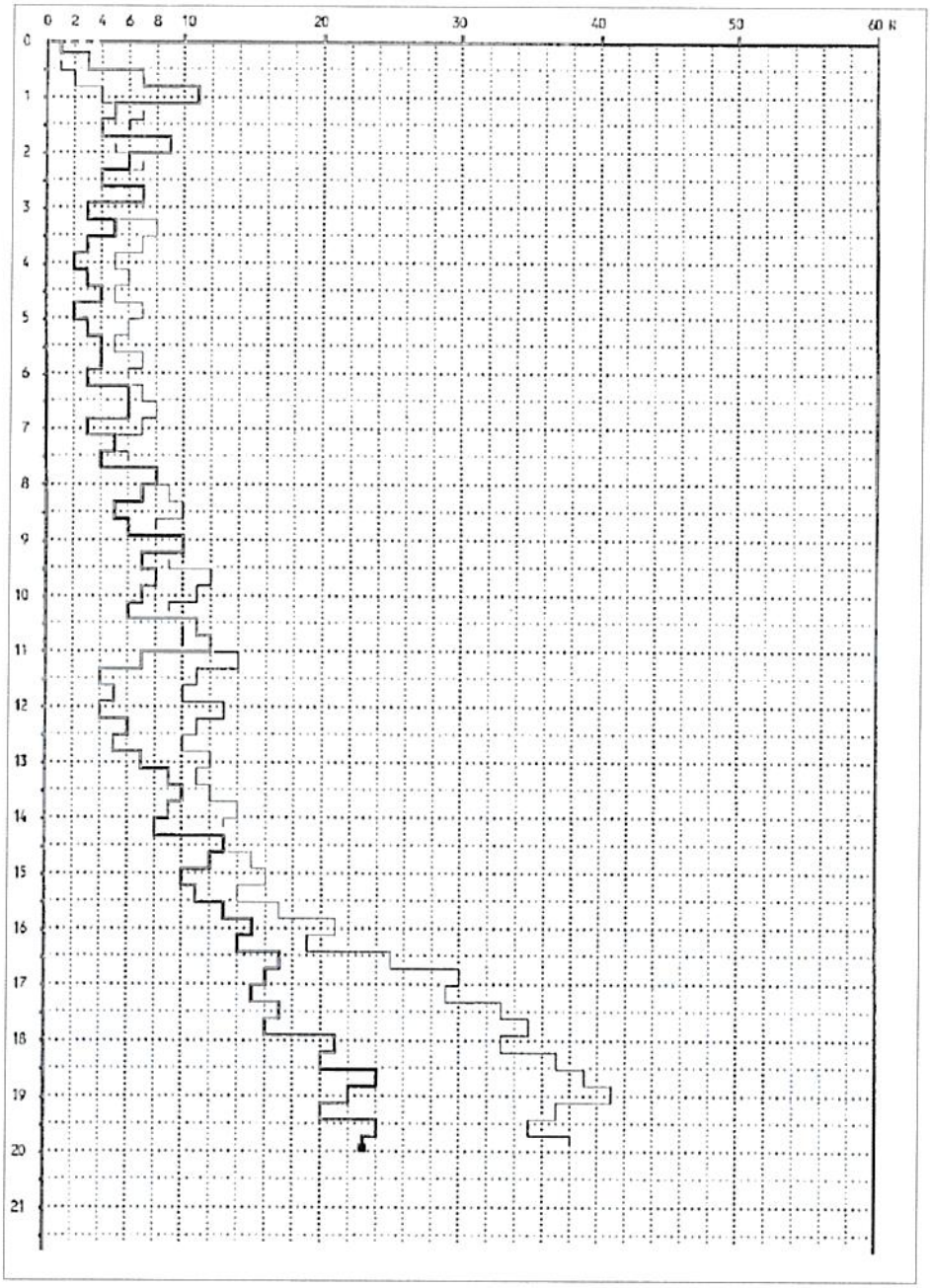


Figura 4.5 *- Profilo penetrometrico prova P16 (disegno 6229P16H).*

Densità relativa:

Skempton, 1986

$$Dr = 100\sqrt{\frac{(N_1)_{60}}{60}} \qquad [\%]$$

$N_{60}=N_{SPT}(ER/60)$, valore medio di N_{SPT} corretto in funzione dell'energia rilasciata dal sistema di battitura, con ER=65%
$(N_1)_{60}=N_{60}*C_N$, valore di N_{SPT} corretto in funzione del rendimento e della profondità di prova, dove:
$C_N = (98,1/\sigma'_{vo})^{0,5}$ (Whitman e Liao); $C_N=2/(1+\sigma'_{vo}/100)$ (per sabbie fini); $C_N=3/(2+\sigma'_{vo}/100)$ (per sabbie grosse).

Angolo di resistenza al taglio di picco:

Meyerhof, 1965:

$\varphi = 29,47 + 0,46\,N_{spt} - 0,004\,N_{spt}^{\,2}$ (< 5% di limo)

$\varphi = 23,7 + 0,57 \cdot N_{spt} - 0,006 \cdot N_{spt}^{\,2}$ (> 5% di limo)

Schmertmann, 1977:

$\varphi = 28 + 0,14 \cdot D_r$ (sabbia fine uniforme)

$\varphi = 31,5 + 0,11 \cdot D_r$ (sabbia media uniforme/sabbie fini ben gradate)

$\varphi = 34,5 + 0,10 \cdot D_r$ (sabbia grossa uniforme/sabbia media ben gradata)

$\varphi = 38 + 0,08 \cdot D_r$ (ghiaietto uniforme/sabbia e ghiaia poco limosa)

Modulo di deformabilità (modulo di elasticità o di Young): Bowles (1991); D'Appolonia (1977)

I parametri geotecnici di riferimento sono riportati nelle seguenti tabelle, ove oltre ai valori medi di N' ed ai valori relativi ai parametri geotecnici, sono indicati anche i valori (stimati in base al grado di addensamento relativo Dr) del peso nell'unità di volume del terreno naturale (γ), dell'angolo di resistenza al taglio "di picco" (φ') e quello a "volume costante" (φ_{CV}).

Strato	Quota (m slm)	Prof. strato (m dal p.c.)	N_{SPT} medio	γ [kN/m³]	γ' [kN/m³]	Dr [%]	ϕ'_P [°]	ϕ'_{CV} [°] (stima)	E [kPa]
A	133,0 ÷ 131,6	0,0 ÷ -1,4	7	17,5	-	47	35	31	3.800 ÷ 5.200
B	131,6 ÷ 130,0	-1,4 ÷ -3,0	11	18,5	-	54	37	33	27.000 ÷ 37.000
B*	130,0 ÷ 129,0	-3,0 ÷ -4,0	11	18,5	9,0	51	36	32	27.000 ÷ 37.000
C*	129,0 ÷ 126,0	-4,0 ÷ -7,0	5	19,0	9,5	31	35	31	20.000 ÷ 25.000
D*	126,0 ÷ 121,0	-7,0 ÷ -12,0	8	19,0	9,5	38	38	34	25.000 ÷ 33.000
E*	121,0 ÷ 119,0	-12,0 ÷ -14,0	10	19,5	10,0	41	39	35	26.000 ÷ 35.000
F*	119,0 ÷ 113,0	-14,0 ÷ -20,0	21	19,5	10,0	55	42	38	34.000 ÷ 46.000

Tabella 4.1 *– Valori dei principali parametri geotecnici del sito desunti dall'indagine geotecnica eseguita. Il simbolo asterisco rappresenta gli strati considerati immersi in falda assumendo l'aves a lungo termine (corrispondente alla profondità di -3,00 m dal p.c.).*

Capitolo 5 CALCOLI GEOTECNICI ALLO STATO LIMITE ULTIMO (§ 6.4 DELLE NTC)

Sulla scorta della modellazione geotecnica riportata al paragrafo precedente si è effettuato il calcolo della resistenza di progetto R_d/A (capacità portante del sistema geotecnico terreno-fondazione) attraverso la formula di *Brinch-Hansen*, 1970:

$$R_d / A = \frac{c' \cdot N_c \cdot s_c \cdot i_c + q' \cdot N_q \cdot s_q \cdot i_q + 0{,}5 \cdot \gamma' \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma}{\gamma_R}$$

Laddove (i valori di γ_R sono riportati nella Tab. 6.4.I delle NTC):

- capacità portante:

$$Nq = e^{\pi \tan\varphi'} \tan^2(45 + \varphi'/2); \qquad Nc = (Nq-1)\cot\varphi'; \qquad N_\gamma = 2(Nq+1)\tan\varphi'$$

- forma della fondazione:

$$s_q = 1 + \left(\frac{B'}{L'}\right) sen\,\varphi'; \qquad s_\gamma = 1 - 0{,}3\left(\frac{B'}{L'}\right); \qquad s_c = \frac{(s_q \cdot N_q - 1)}{(N_q - 1)}$$

- inclinazione della risultante dovuta a un carico orizzontale H parallelo a L':

$$i_q = i_\gamma = 1 - \frac{H}{(V + A' \cdot c' \cdot \cot\varphi')}; \qquad i_c = \frac{(i_q \cdot N_q - 1)}{(N_q - 1)}$$

- inclinazione della risultante dovuta a un carico orizzontale H parallelo a B':

$$i_q = \left[1 - \frac{0{,}7 \cdot H}{(V + A' \cdot c' \cdot \cot\varphi')}\right]^3; \qquad i_\gamma = \left[1 - \frac{H}{(V + A' \cdot c' \cdot \cot\varphi')}\right]^3; \qquad i_c = \frac{(i_q \cdot N_q - 1)}{(N_q - 1)}$$

Oltre ai fattori correttivi di cui sopra, nella formula sono stati considerati anche quelli relativi alla profondità del piano di imposta della fondazione, dell'eventuale inclinazione del piano di posa della fondazione e dell'eventuale inclinazione del piano campagna.

Nella relazione appena esposta con A' si indica l'area "efficace" della fondazione secondo *Meyerhof* (ossia quella che effettivamente reagisce a compressione), mentre con B' (L') si indica la base (lunghezza) della fondazione "depurata" dall'eventuale eccentricità (si veda ***Figura 5.1***).

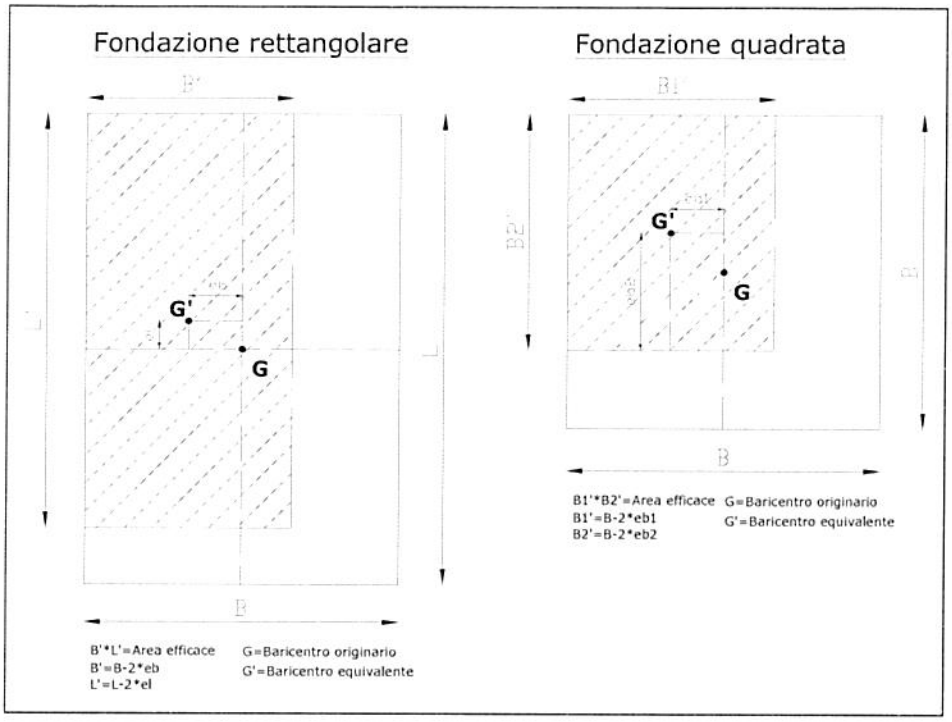


Figura 5.1 *- Concetto dell'area efficace secondo Meyerhof*

La normativa di riferimento (*§6.2.4.1* e *§6.4.2.1* delle NTC) prevede che le verifiche nei confronti dello SLU vengano svolte seguendo l'approccio seguente:

Approccio 2: Combinazione 1 (A1+M1+R3).

Dove:

- A1 indica il *set* dei coefficienti di sicurezza parziali definiti per le azioni, riportati nella tabella 6.2.I delle NTC;
- M1 indica il *set* dei coefficienti di sicurezza parziali definiti per i parametri geotecnici, riportati nella tabella 6.2.II delle NTC;
- R3 indica il *set* dei coefficienti di sicurezza parziali definiti per le resistenze che, per le fondazioni dirette, sono riportati nella tabella 6.4.I delle NTC.

5.1 - Trave B120 – Trave 1,20 x 28,30 m posta a 131,51 m slm

FONDAZIONE A TRAVE 1,20 x 28,30 m posta a 131,51 m slm

Geometria della fondazione

Quota intradosso fondazione: 131,51 m slm;
Base fondazione: B=1,20 m; *Eccentricità del carico:* e_B=0,0 m
Lunghezza fondazione: L=28,30 m; *Eccentricità del carico:* e_L=0,0 m
Spessore magrone: 15 cm

Parametri caratteristici relativi al terreno di fondazione

Angolo di resistenza al taglio: φ_k=33,8°
Peso nell'unità di volume del terreno di fondazione: γ_k=17,4 kN/m^3
Peso nell'unità di volume del terreno di "incastro": γ_k=18,5 kN/m^3
"Incastro" della fondazione nel terreno: D=0,0 m

Approccio 2: Coefficienti di sicurezza parziali

Coefficiente da applicare alla tangente di φ_k: φ'=1,0 (Tab. 6.2.II delle NTC)

Coefficiente da applicare al peso dell'unità di volume del terreno: γ_v= 1,0 (Tab. 6.2.II delle NTC)

Coefficiente da applicare alla capacità portante: γ_R=2,3 (Tab. 6.4.I delle NTC)

Resistenza di progetto del sistema terreno-fondazione:

$$R_d / A = \frac{1}{\gamma_R}(c' \cdot N_c \cdot s_c \cdot i_c + q' \cdot N_q \cdot s_q \cdot i_q + 0{,}5 \cdot \gamma' \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma);$$

Approccio 2 (M1+R3): $R_d/A' \sim 177$ kPa;

Verifica allo SLU da eseguire: $R_d/A \geq E_d/A$

Dove: E_d è il valore di progetto dell'azione (o dell'effetto dell'azione), secondo quanto riportato nel § 6.2.4 delle NTC

NOTA: la **R_d/A** rappresenta la resistenza **teorica ultima di progetto** del sistema terreno-fondazione in oggetto alla quota di progetto (condizione ultima: configurazione di un sistema al quale vengono associati elevati cedimenti e/o il proprio collasso). La pressione effettivamente agente in fondazione, quindi, dovrà essere **$E_d \leq$ alla resistenza di progetto sopra riportate comunque tale da indurre cedimenti compatibili con quelli tollerabili dalla struttura in progetto** (condizioni in esercizio). In pratica quanto sopra indicato dovrà essere confrontato con il dato relativo alla stima dei cedimenti (vedasi paragrafo relativo al calcolo dei cedimenti).

5.2 - Trave B190 – Trave 1,90 x 28,30 m posta a 131,51 m slm

FONDAZIONE A TRAVE 1,90 x 28,30 m posta a 131,51 m slm

Geometria della fondazione

Quota intradosso fondazione: 131,51 m slm;
Base fondazione: B=1,90 m; *Eccentricità del carico:* e_B=0,0 m
Lunghezza fondazione: L=28,30 m; *Eccentricità del carico:* e_L=0,0 m
Spessore magrone: 15 cm

Parametri caratteristici relativi al terreno di fondazione

Angolo di resistenza al taglio: φ_k=33,0°
Peso nell'unità di volume del terreno di fondazione: γ_k=14,4 kN/m^3
Peso nell'unità di volume del terreno di "incastro": γ_k=18,5 kN/m^3
"Incastro" della fondazione nel terreno: D=0,0 m

Approccio 2: Coefficienti di sicurezza parziali

Coefficiente da applicare alla tangente di φ_k: φ'=1,0 (Tab. 6.2.II delle NTC)

Coefficiente da applicare al peso dell'unità di volume del terreno: γ_γ= 1,0 (Tab. 6.2.II delle NTC)

Coefficiente da applicare alla capacità portante: γ_R=2,3 (Tab. 6.4.I delle NTC)

Resistenza di progetto del sistema terreno-fondazione:

$$R_d / A = \frac{1}{\gamma_R}(c' \cdot N_c \cdot s_c \cdot i_c + q' \cdot N_q \cdot s_q \cdot i_q + 0{,}5 \cdot \gamma' \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma);$$

Approccio 2 (M1+R3): $R_d/A' \sim 203$ kPa;

Verifica allo SLU da eseguire: $R_d/A \geq E_d/A$

Dove: E_d è il valore di progetto dell'azione (o dell'effetto dell'azione), secondo quanto riportato nel § 6.2.4 delle NTC

NOTA: la **R_d/A** rappresenta la resistenza **teorica ultima di progetto** del sistema terreno-fondazione in oggetto alla quota di progetto (condizione ultima: configurazione di un sistema al quale vengono associati elevati cedimenti e/o il proprio collasso). La pressione effettivamente agente in fondazione, quindi, dovrà essere **$E_d \leq$ alla resistenza di progetto sopra riportate comunque tale da indurre cedimenti compatibili con quelli tollerabili dalla struttura in progetto** (condizioni in esercizio). In pratica quanto sopra indicato dovrà essere confrontato con il dato relativo alla stima dei cedimenti (vedasi paragrafo relativo al calcolo dei cedimenti).

5.3 - Trave B210 – Trave 2,10 x 28,30 m posta a 131,51 m slm

FONDAZIONE A TRAVE 2,10 x 28,30 m posta a 131,51 m slm

Geometria della fondazione

Quota intradosso fondazione: 131,51 m slm;
Base fondazione: B=2,10 m; *Eccentricità del carico:* e_B=0,0 m
Lunghezza fondazione: L=28,30 m; *Eccentricità del carico:* e_L=0,0 m
Spessore magrone: 30 cm

Parametri caratteristici relativi al terreno di fondazione

Angolo di resistenza al taglio:	φ_k=33,4°
Peso nell'unità di volume del terreno di fondazione:	γ_k=14,1 kN/m^3
Peso nell'unità di volume del terreno di "incastro":	γ_k=18,5 kN/m^3
"Incastro" della fondazione nel terreno:	D=0,0 m

Approccio 2: Coefficienti di sicurezza parziali

Coefficiente da applicare alla tangente di φ_k:	φ'=1,0 (Tab. 6.2.II delle NTC)
Coefficiente da applicare al peso dell'unità di volume del terreno:	γ_γ= 1,0 (Tab. 6.2.II delle NTC)
Coefficiente da applicare alla capacità portante:	γ_R=2,3 (Tab. 6.4.I delle NTC)

Resistenza di progetto del sistema terreno-fondazione:

$$R_d / A = \frac{1}{\gamma_R}(c'\cdot N_c \cdot s_c \cdot i_c + q'\cdot N_q \cdot s_q \cdot i_q + 0{,}5\cdot \gamma'\cdot B'\cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma);$$

Approccio 2 (M1+R3): $R_d/A' \sim 232$ kPa;

Verifica allo SLU da eseguire: $R_d/A \geq E_d/A$

Dove: E_d è il valore di progetto dell'azione (o dell'effetto dell'azione), secondo quanto riportato nel § 6.2.4 delle NTC

NOTA: la **R_d/A** rappresenta la resistenza **teorica ultima di progetto** del sistema terreno-fondazione in oggetto alla quota di progetto (condizione ultima: configurazione di un sistema al quale vengono associati elevati cedimenti e/o il proprio collasso). La pressione effettivamente agente in fondazione, quindi, dovrà essere **$E_d \leq$ alla resistenza di progetto sopra riportate comunque tale da indurre cedimenti compatibili con quelli tollerabili dalla struttura in progetto** (condizioni in esercizio). In pratica quanto sopra indicato dovrà essere confrontato con il dato relativo alla stima dei cedimenti (vedasi paragrafo relativo al calcolo dei cedimenti).

Capitolo 6 CALCOLO ALLO STATO LIMITE DI ESERCIZIO (SLE) - ANALISI DEI CEDIMENTI IN FONDAZIONE

Nel presente paragrafo si espongono i risultati dell'analisi dei cedimenti eseguita nei punti significativi delle fondazioni (centro e spigoli).

Il metodo di calcolo utilizzato per l'analisi dei cedimenti è quello della Teoria Elastica. Tale metodo consente di calcolare il cedimento "immediato" monodimensionale su una verticale passante in un punto della fondazione grazie alla relazione:

$$s = \sum_{i=1}^{n} \frac{\Delta\sigma_{voi}\Delta h_i}{E'_i}$$

dove:

n, numero degli stati di terreno considerati;

s, cedimento monodimensionale lungo la verticale [m];

$\Delta\sigma_{voi}$, incremento medio di tensione litostatica al centro dello strato i-esimo considerato [kPa];

Δh_i, spessore dello strato i-esimo considerato [m];

E'_i, modulo di deformazione normale drenato medio relativo allo strato i-esimo [kPa].

Il calcolo dell'incremento medio della tensione litostatica ($\Delta\sigma_{voi}$) è stato eseguito tramite l'equazione di *Holl* (1940) di seguito riportata:

$$\Delta\sigma_{voi} = \frac{q}{2\cdot\pi}\left[tg^{-1}\left(\frac{ab}{zR_3}\right) + \frac{abz}{R_3}\left(\frac{1}{R_1^{\,2}} + \frac{1}{R_2^{\,2}}\right)\right]$$

dove: a =B'; b=L'. Per il centro B'=B/2 e L'=L/2, per lo spigolo B'=B e L'=L/2.

$R_1=(b^2+z^2)^{1/2}$; $R_2=(a^2+z^2)^{1/2}$; $R_3=(a^2+b^2+z^2)^{1/2}$.

Come da prassi, il calcolo degli incrementi della tensione litostatica nel terreno è stato esteso fino ad una profondità ritenuta significativa, ossia fin dove si verifica la seguente condizione:

$$\Delta\sigma_{vo} \cong 0.10 \cdot q$$

dove:

- $q' = q_{sle} - \gamma D$, è il carico netto agente sul piano di posa della fondazione;
- q_{sle}, carico agente in fondazione in condizioni di esercizio;
- D, approfondimento della fondazione rispetto al piano campagna.

Stima dei cedimenti
(Cedimenti "immediati" attesi (Teoria Elastica, formula di Holl, 1940))

Trave B120 – Trave 1,20 x 28,30 m posta a 131,51 m slm
Tasso di lavoro medio considerato allo SLE: **qsle = 108 kPa**;
cedimento atteso al centro della fondazione: **0,61 cm** ($k_{Winkler}$=1,76 kg/cmc);
cedimento atteso allo spigolo della fondazione: **0,16 cm** ($k_{Winkler}$=6,90 kg/cmc);

Trave B190 – Trave 1,90 x 28,30 m posta a 131,51 m slm
Tasso di lavoro medio considerato allo SLE: **qsle = 137 kPa**;
cedimento atteso al centro della fondazione: **1,35 cm** ($k_{Winkler}$=1,02 kg/cmc);
cedimento atteso allo spigolo della fondazione: **0,38 cm** ($k_{Winkler}$=3,61 kg/cmc);

Trave B210 – Trave 2,10 x 28,30 m posta a 131,51 m slm
Tasso di lavoro medio considerato allo SLE: **qsle = 158 kPa**;
cedimento atteso al centro della fondazione: **1,74 cm** ($k_{Winkler}$=0,91 kg/cmc);
cedimento atteso allo spigolo della fondazione: **0,50 cm** ($k_{Winkler}$=3,17 kg/cmc).

Capitolo 7 ***CONCLUSIONI***

Nel presente documento sono state esaminate le condizioni geotecniche dei terreni di fondazione relativi ad un'area ubicata in Settimo Milanese (MI), Via Guglielmo Reiss Romoli 33. All'interno del sito è previsto un intervento edilizio mirato alla realizzazione di un nuovo edificio denominato "Data Center DC07".

La presente relazione è conforme al D.M. 17/01/2018 ed alla D.G.R. 5001/2016.

Il presente documento è redatto sulla base dell'indagine geotecnica e geofisica effettuata all'interno del comparto nel periodo 2013 - 2020, e consistita nell'esecuzione di:

- n. 2 sondaggi geognostici spinti fino alla profondità di ca. -20,0 m dal piano di inizio prova, con esecuzione di prove SPT in avanzamento ogni 1,5 m;
- n. 18 prove penetrometriche dinamiche superpesanti (DPSH), con profondità massima raggiunta pari a -20,30 m dal piano di inizio prova;
- n. 2 profili di sismica multicanale con acquisizione delle onde di superficie ed elaborazione dei dati mediante metodologia MASW.

Caratteristiche geotecniche del sottosuolo indagato

L'indagine geotecnica, condotta all'interno del comparto in esame, ha evidenziato un sottosuolo costituito da strati di terreno prevalentemente granulari (sabbie e ghiaie, talvolta ciottolose) con un contenuto talora rilevante di frazione limosa.
Le caratteristiche di addensamento, peso di volume e modulo elastico di ciascuno strato sono più dettagliatamente descritte nel ***§4***.

Sulla base della documentazione dei Progettisti delle strutture sono stati effettuati calcoli geotecnici relativi alle analisi dei cedimenti in fondazione attesi. Si riporta di seguito la sintesi delle valutazioni sulle fondazioni in esame.

Trave B120 – Trave 1,20 x 28,30 m posta a 131,51 m slm
Verifica allo SLU eseguita secondo l'Approccio 2 (M1+R3): Rd/A' ~ 177 kPa
per q_{sle}**= 108 kPa**, il cedimento massimo in fondazione è dell'ordine di 0,6 cm;

Trave B190 – Trave 1,90 x 28,30 m posta a 131,51 m slm

Verifica allo SLU eseguita secondo l'Approccio 2 (M1+R3): Rd/A' ~ 203 kPa

per q_{sle} ***= 137 kPa,*** il cedimento massimo in fondazione è dell'ordine di 1,4 cm;

Trave B210– Trave 2,10 x 28,30 m posta a 131,51 m slm

Verifica allo SLU eseguita secondo l'Approccio 2 (M1+R3): Rd/A' ~ 232 kPa

per q_{sle} ***= 158 kPa,*** il cedimento massimo in fondazione è dell'ordine di 1,7 cm.

Al fine di migliorare e meglio omogenizzare le caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione, si consiglia di eseguire una preventiva compattazione del piano di appoggio delle fondazioni, con rullo "da bianco" utilizzato in modalità statica, ovvero senza funzione vibrante dello stesso.

Dott. Geol. Giuseppe Baroni

STUDIO TECNICO
Geom. UGO CELOTTI S.R.L.

VIA MINCIO 22 - CAP 20139 MILANO - TEL. 025393977 r.a. - 025392262 FAX
e-mail: studiocelotti@studiocelotti.it

INDAGINI GEOGNOSTICHE - PROVE SU TERRENI DI FONDAZIONE
RICERCHE IDROLOGICHE AMBIENTALI - STRUMENTAZIONI GEOTECNICHE
PERFORAZIONI PROFONDE PER GEOTERMIA PER DISPERSORI PER STRUMENTAZIONI
RILIEVI TOPOGRAFICI - PROSPEZIONI GEOFISICHE E GEOELETTRICHE

GENERALE PREFABBRICATI S.p.A. - Centro Direzionale Quattrotorri
Ellera Stazione - PERUGIA

Indagini geognostiche e geotecniche eseguite nel terreno di fondazione di un edificio industriale di prossima costruzione in comune di Cornaredo (Milano) - Via Reiss Romoli.

SONDAGGIO GEOGNOSTICO E GEOTECNICO N. A
PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE NN. 1 - 2

Disegno n. 6229/1A

Data: 09 - 07 - 2013

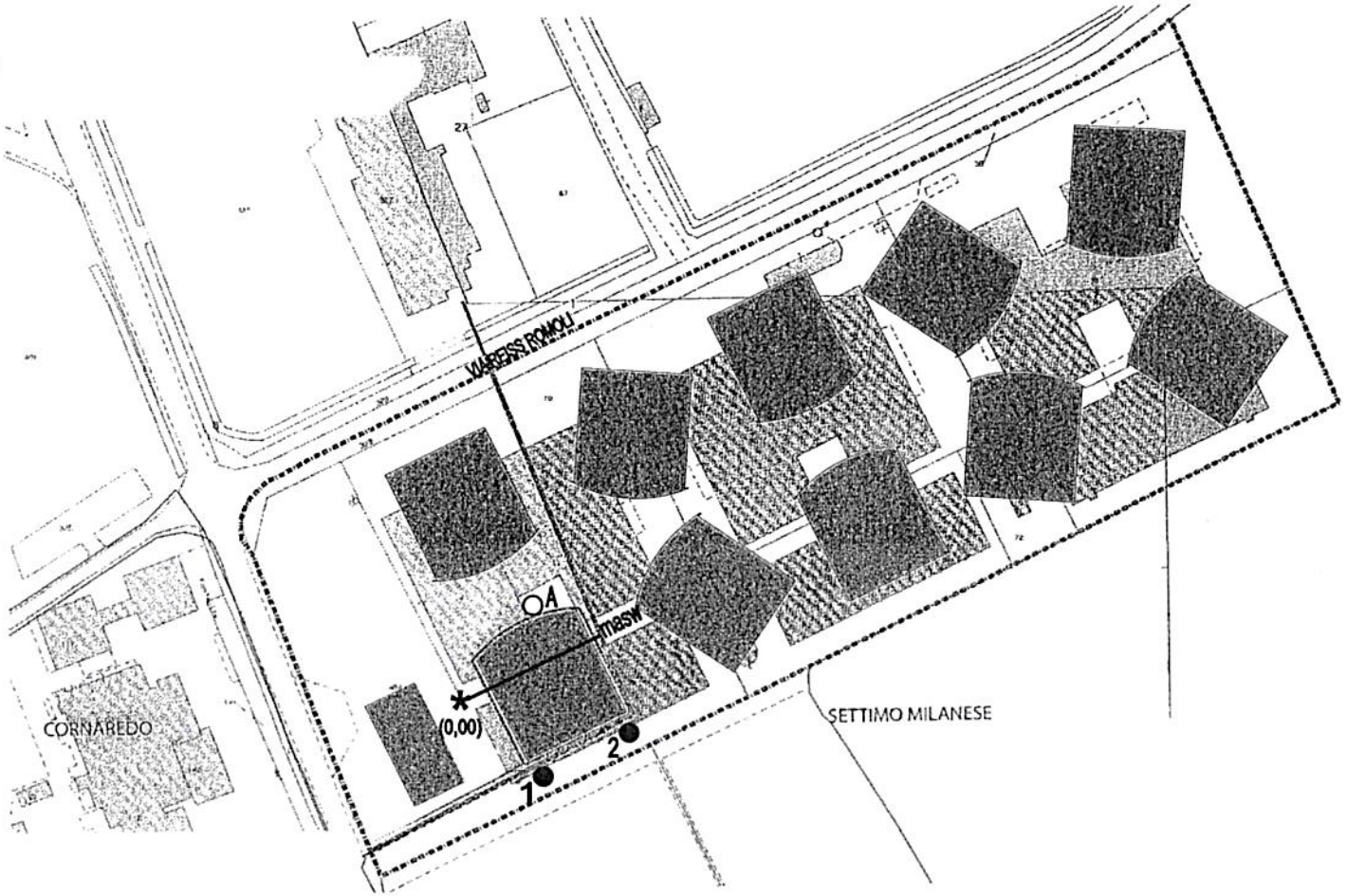
N.B. - Lo zero di riferimento delle profondità coincide con il piano della soglia dell'attuale ingresso carrabile ai capannoni esistenti (v. dis.).

PLANIMETRIA
Scala 1: 2000

○ Sondaggio geognostico e geotecnico

● Prove penetrometriche dinamiche

—— Traccia masw



SONDAGGIO GEOGNOSTICO N° A

DATA: 4-7-2013

Dis.n°:6229AS

Località : CORNAREDO

Inizio sondaggio m. 0.0 Fine sondaggio m. 20.0

Carotaggio % (5 45 85)	R.Q.D. modificato % (5 45 85)	Campioni (Ind / Semi ind / = Rim)	Prof in m	Litologia	Pocket Kg/cm²	Vane test Kg/cm²	S.P.T. n° colpi x 15 cm	H²O m	Piezometro a tubo
			1	Asfalto - colore: grigio scuro. 0.1 Ghiaia media con sabbia media debolmente ciottolosa - colore: marrone. Presenza di minuti frammenti di asfalto e mattoni.					
		A 1.50	2	1.2 Sabbia fine con ghiaia media debolmente ciottolosa - colore: grigio chiaro.	1.80	0.90	4 5 3		
				1.5 Limo sabbioso (sabbia fine) con tracce di ghiaia fine - colore: marrone chiaro.					
		B 3.00	3	2.0 Sabbia media ghiaiosa (ghiaia media) debolmente limosa - colore: marrone chiaro/grigio chiaro.			6 8 9		
			4	3.0 Sabbia media con ghiaia media debolmente limosa debolmente ciottolosa - colore: marrone/grigio chiaro.				4.10	
		C 4.50	5				4 3 3		
		D 6.00	6	5.7 Ghiaia media con sabbia media debolmente limosa - colore: marrone.			2 4 3		
			7	6.6 Sabbia grossa ghiaiosa (ghiaia media) con tracce di limo e ciottoli - colore: marrone.					
		E 7.50	8				7 5 6		8.00
		F 9.00	9	8.4 Sabbia media con ghiaia media debolmente limosa - colore: marrone. Tracce di ciottoli.			6 8 5		
			10						
		G 10.50	11				8 5 7		
		H 12.00	12				7 5 6		
			13						
		I 13.50	14	13.2 Sabbia grossa con ghiaia media limosa debolmente ciottolosa - colore: marrone.			5 8 7		
		L 15.00	15	15.0 Ghiaia media con sabbia media ciottolosa debolmente limosa - colore: marrone.			7 6 9		
		M 16.50	16				7 9 11		
		N 18.00	17						
			18				11 8 10		
		O 19.50	19						
			20	20.0			9 13 10		20.0
			21						

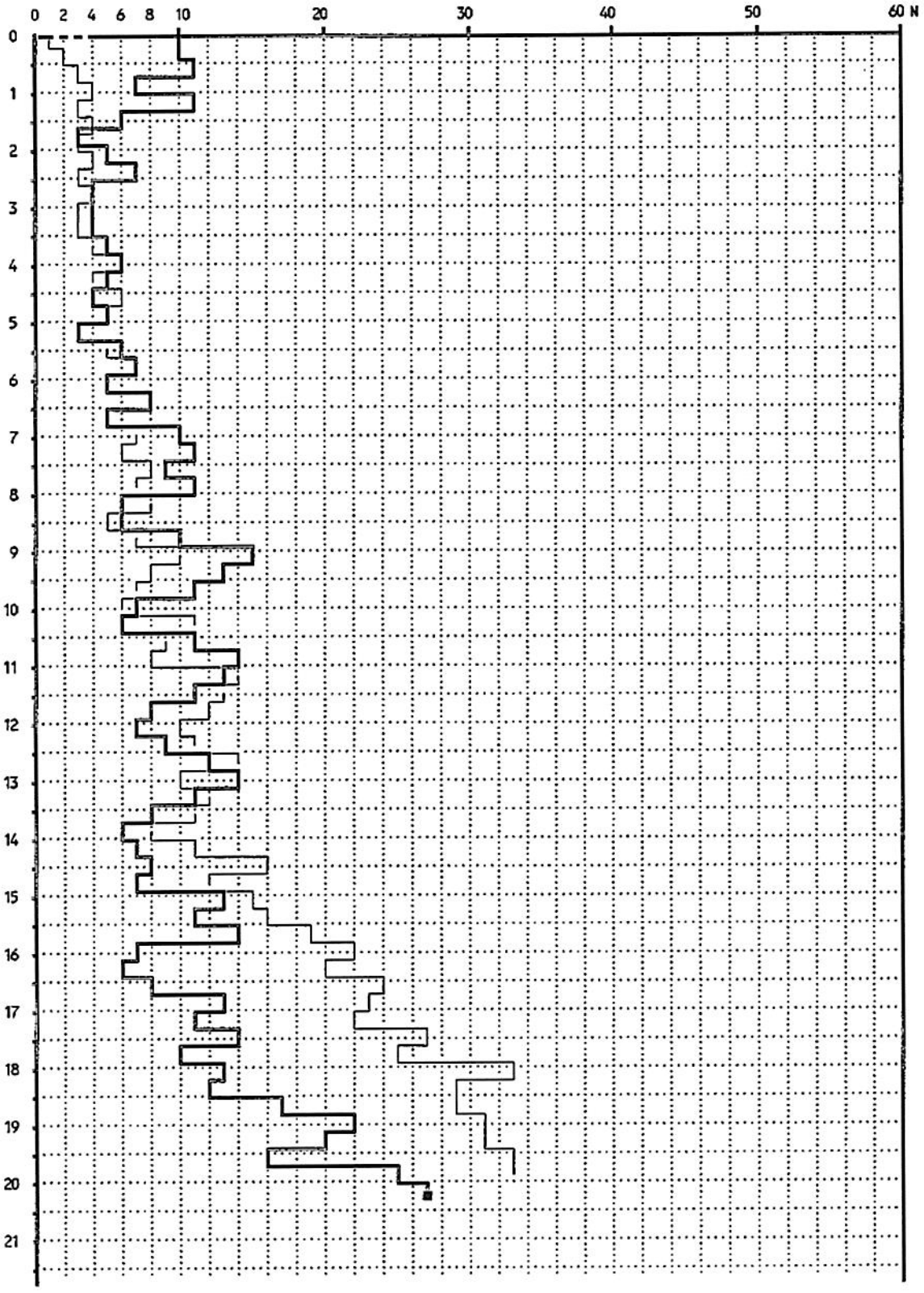
● SPT con punta conica 60°.

STUDIO TECNICO Geom. UGO CELOTTI - Via Mincio n° 22 - 20139 Milano

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA N°:1 **DATA: 4-7-2013**

Disegno n°:62291H Località : CORNAREDO

Penetrometro con asta isolata dal terreno circostante
N = Numero di colpi/piede di affondamento con mazza battente da 160 libbre e volata da 30 pollici
— Punta 60° ϕ= 2'' — Tubazione di rivestimento ϕ = 1''1/2
- - - Inizio prova m. 0.00 Assenza acqua fino a m.1.10 poi foro ostruito ■ Fine prova m.20.30

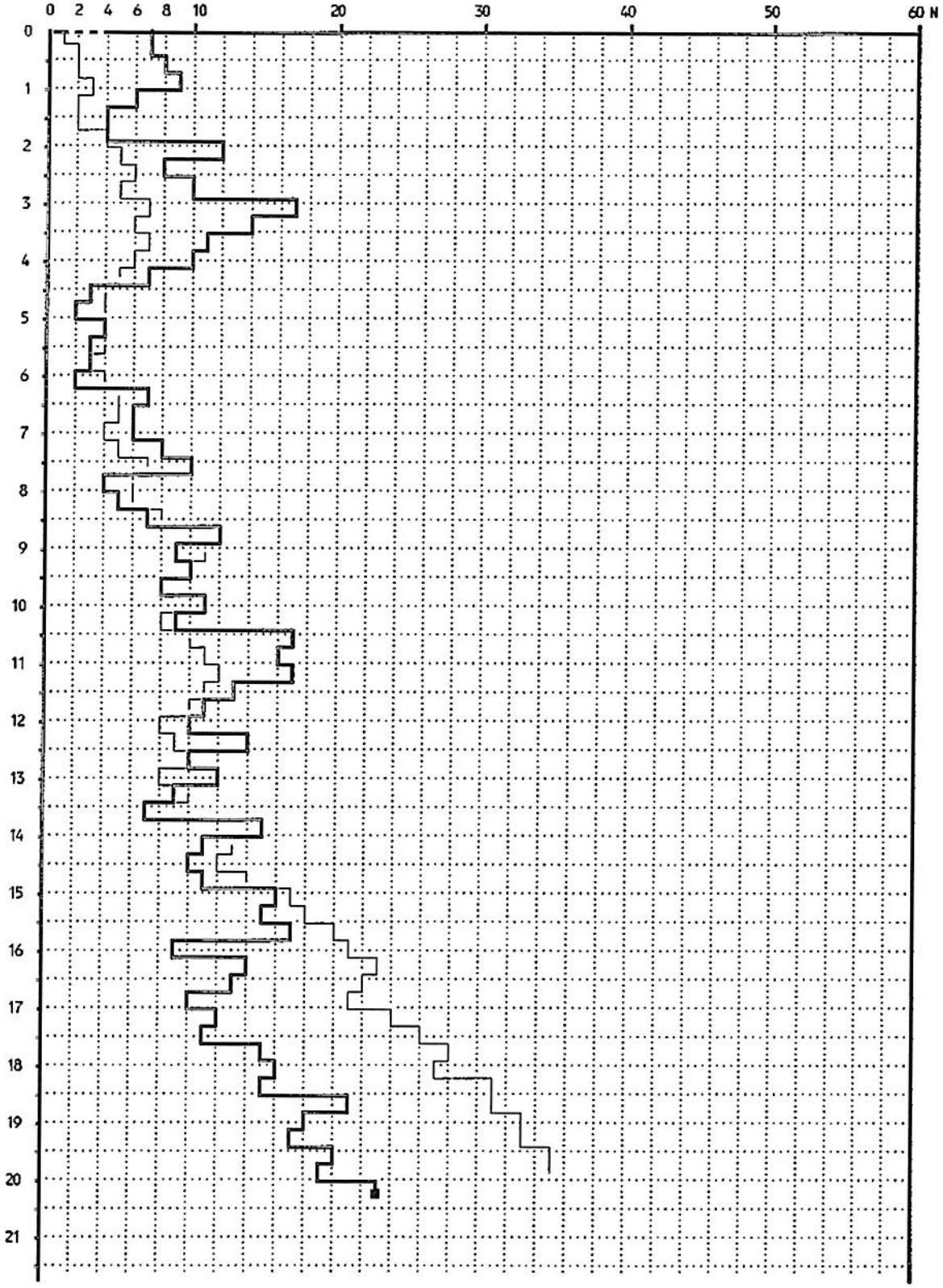


STUDIO TECNICO Geom. UGO CELOTTI - Via Mincio n° 22 - 20139 Milano

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA N°:2 **DATA: 4-7-2013**

Disegno n°:62292H Località : CORNAREDO

Penetrometro con asta isolata dal terreno circostante
N = Numero di colpi/piede di affondamento con mazza battente da 160 libbre e volata da 30 pollici
—— Punta 60° ϕ= 2'' —— Tubazione di rivestimento ϕ = 1''1/2
- - - Inizio prova m. 0.00 Assenza acqua fino a m.1.30 poi foro ostruito ■ Fine prova m.20.30



STUDIO TECNICO
Geom. UGO CELOTTI S.R.L.

VIA MINCIO 22 - CAP 20139 MILANO - TEL. 025393977 r.a. - 025392262 FAX
e-mail: studiocelotti@studiocelotti.it

INDAGINI GEOGNOSTICHE - PROVE SU TERRENI DI FONDAZIONE
RICERCHE IDROLOGICHE AMBIENTALI - STRUMENTAZIONI GEOTECNICHE
PERFORAZIONI PROFONDE PER GEOTERMIA PER DISPERSORI PER STRUMENTAZIONI
RILIEVI TOPOGRAFICI - PROSPEZIONI GEOFISICHE E GEOELETTRICHE

GENERALE PREFABBRICATI S.p.A. - Centro Direzionale Quattrotorri
Ellera Stazione - PERUGIA

Prove penetrometriche dinamiche eseguite nel terreno di fondazione di un edificio industriale di prossima costruzione in comune di Cornaredo (Milano) - Via Reiss Romoli.

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE NN. 3 - 4

Disegno n. 6229/3A

Data: 01 - 10 - 2013

N.B. - Lo zero di riferimento delle profondità coincide con il piano della soglia dell'attuale ingresso carrabile ai capannoni esistenti (v. dis.).

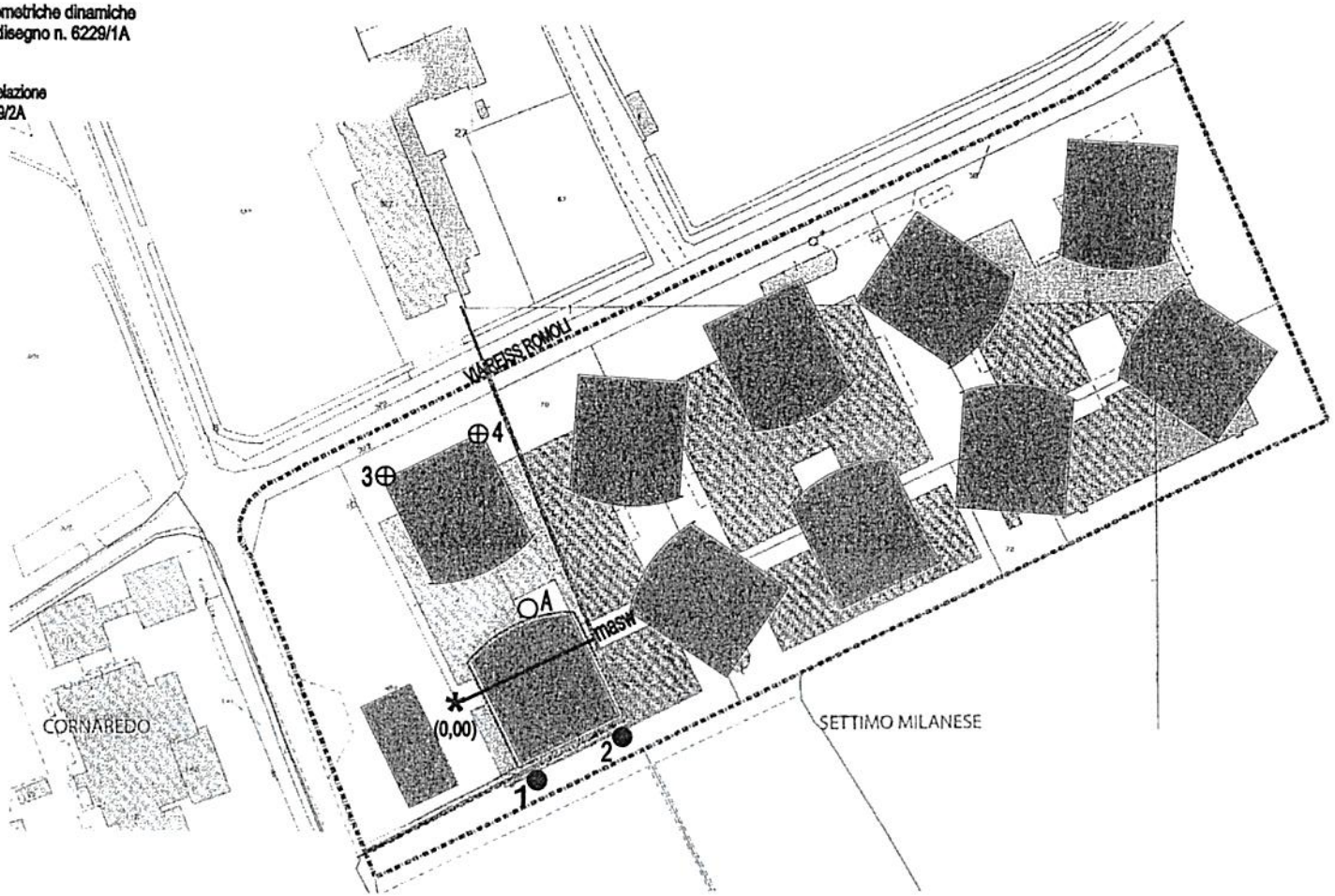
⊕ Prove penetrometriche dinamiche

○ Sondaggio geognostico e geotecnico riportato nel disegno n. 6229/1A

● Prove penetrometriche dinamiche riportate nel disegno n. 6229/1A

—— Traccia masw relazione prot. n. 6229/2A

PLANIMETRIA
Scala 1: 2000



STUDIO TECNICO Geom. UGO CELOTTI - Via Mincio n° 22 - 20139 Milano

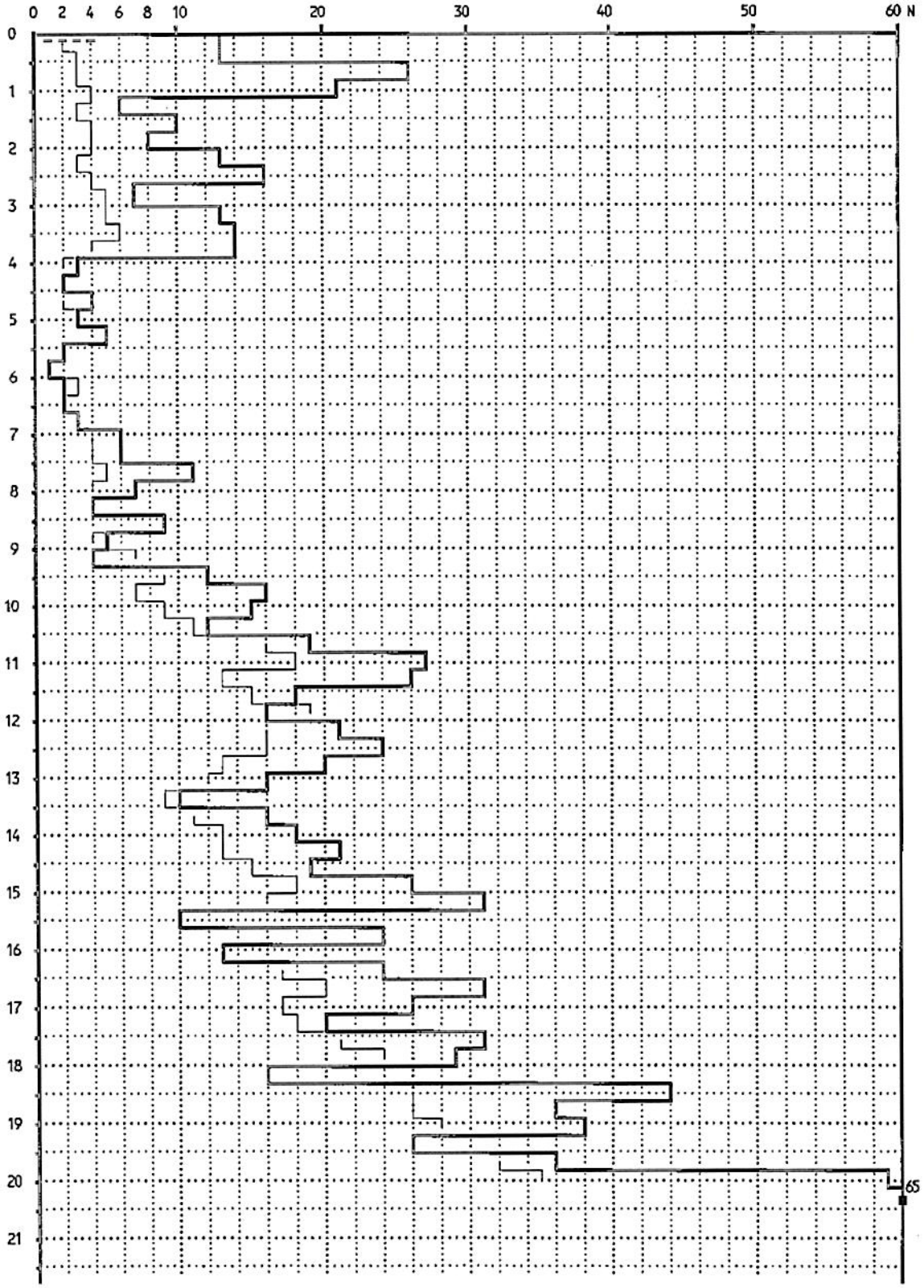
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA N°:3

DATA: 30-9-2013

Disegno n°:62293H

Località : CORNAREDO

Penetrometro con asta isolata dal terreno circostante
N = Numero di colpi/piede di affondamento con mazza battente da 160 libbre e volata da 30 pollici
— Punta 60° ϕ= 2'' — Tubazione di rivestimento ϕ = 1''1/2
- - - Inizio prova m. 0.10 Presenza acqua da m.4.60 ■ Fine prova m.20.40

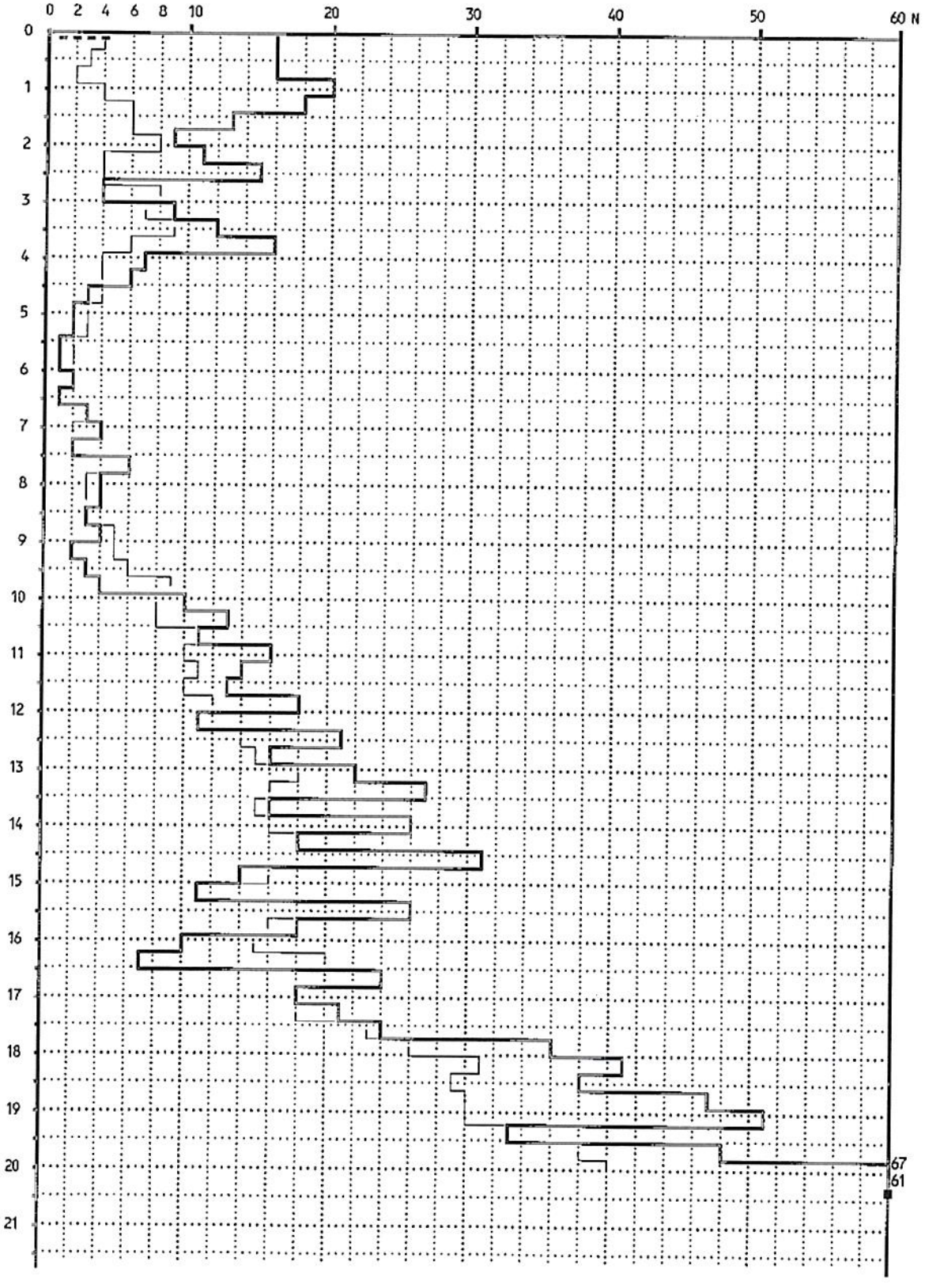


STUDIO TECNICO Geom. UGO CELOTTI - Via Mincio n° 22 - 20139 Milano

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA N°:4 **DATA: 30-9-2013**

Disegno n°:62294H Località : CORNAREDO

Penetrometro con asta isolata dal terreno circostante
N = Numero di colpi/piede di affondamento con mazza battente da 160 libbre e volata da 30 pollici
— Punta 60° ϕ= 2'' — Tubazione di rivestimento ϕ = 1''1/2
- - - Inizio prova m. 0.10 Presenza acqua da m.4.70 ■ Fine prova m.20.40



STUDIO TECNICO
Geom. UGO CELOTTI S.R.L.

VIA MINCIO 22 - CAP 20139 MILANO - TEL. 025393977 r.a. - 025392262 FAX
e-mail: studiocelotti@studiocelotti.it

INDAGINI GEOGNOSTICHE - PROVE SU TERRENI DI FONDAZIONE
RICERCHE IDROLOGICHE AMBIENTALI - STRUMENTAZIONI GEOTECNICHE
PERFORAZIONI PROFONDE PER GEOTERMIA PER DISPERSORI PER STRUMENTAZIONI
RILIEVI TOPOGRAFICI - PROSPEZIONI GEOFISICHE E GEOELETTRICHE

GENERALE PREFABBRICATI S.p.A. - Centro Direzionale Quattrotorri
Ellera Stazione - PERUGIA

Indagini geognostiche e geotecniche eseguite nel terreno di fondazione di un edificio industriale di prossima costruzione in comune di Settimo Milanese (Milano) - Via Reiss Romoli.

SONDAGGIO GEOGNOSTICO E GEOTECNICO N. B
PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE NN. 5 - 6

Disegno n. 6229/4A Data: 16 - 06 - 2014

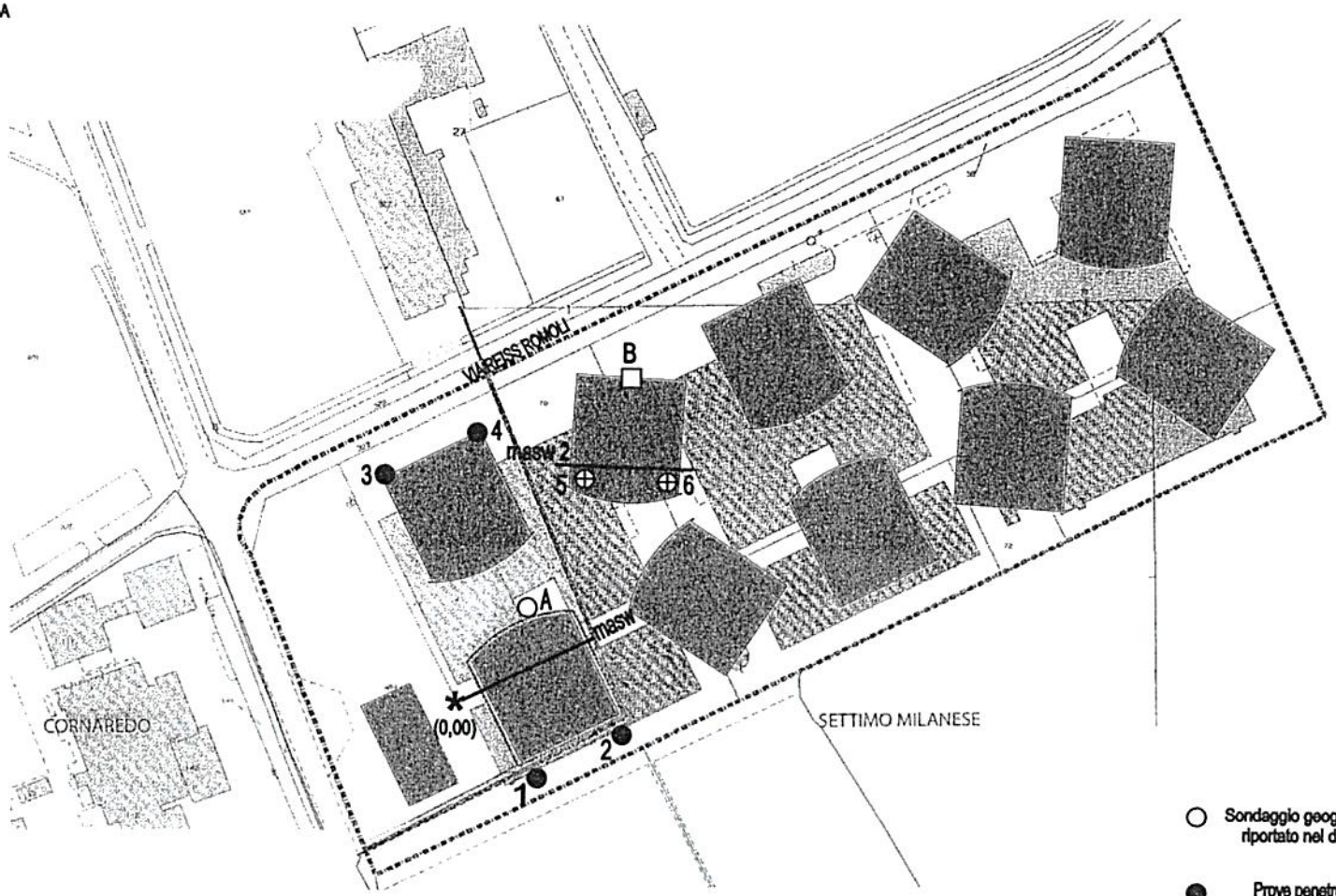
N.B. - Lo zero di riferimento delle profondità coincide con il piano della soglia dell'attuale ingresso carrabile ai capannoni esistenti che corrisponde a m. +132.93 s.l.m. calcolata dalla quota m. +133.30 indicata dalla Committente (v. dis.).

Sondaggio geognostico e geotecnico

Prove penetrometriche dinamiche

Traccia masw 2
relazione prot. n. 6229/5A

PLANIMETRIA
Scala 1: 2000



Sondaggio geognostico e geotecnico
riportato nel disegno n. 6229/1A

Prove penetrometriche dinamiche
riportate nel disegni n. 6229/1A-6229/3A

Traccia masw
relazione prot. n. 6229/2A

SONDAGGIO GEOGNOSTICO N° B

DATA: 11-6-2014

Dis.n°:6229BS

Località : SETTIMO MILANESE

Inizio sondaggio m. 0.1 Fine sondaggio m. 20.1

Carotaggio % (5 45 85)	R.Q.D. modificato % (5 45 85)	Campioni (Ind / Semi ind / = Rim)	Prof in m	Litologia	Pocket Kg/cm²	Vane test Kg/cm²	S.P.T. n° colpi x 15 cm	H²O m	Piezometro a tubo
				TERRENO SUPERFICIALE					
			1	Sabbia fine con ghiaia fine e frammenti di laterizi - colore: marrone chiaro. — 1.0					
			2	Sabbia fine limosa - colore: marrone. — 1.8			4 5 9		
			3	Sabbia fine con ghiaia fine debolmente limosa - colore: grigio/marrone.			4 2 3		
			4						
			5	Ghiaia media con sabbia media ciottolosa limosa - colore: marrone. — 4.3			11 7 3		
			6				9 13 8		
			7						
			8				11 3 4		
			9	Sabbia media ghiaiosa (ghiaia media) debolmente limosa - colore: marrone/arancio. — 8.2			7 3 9		
			10						
			11				7 10 9		
			12	Ghiaia media con sabbia media ciottolosa - colore: marrone. — 10.9			10 4 5		
			13						
			14				4 3 3		
			15	Sabbia fine debolmente limosa - colore : marrone. — 14.5			4 2 2		
			16						
			17	Ghiaia media con sabbia fine ciottolosa debolmente limosa - colore : marrone chiaro. — 16.4			●17 17 11		
			18				● 9 10 5		
			19						
			20				●11 12 9		
			21	— 20.1					

N.B.- Durante la perforazione non è stata rilevata la presenza di acqua.
● SPT con punta conica 60°.

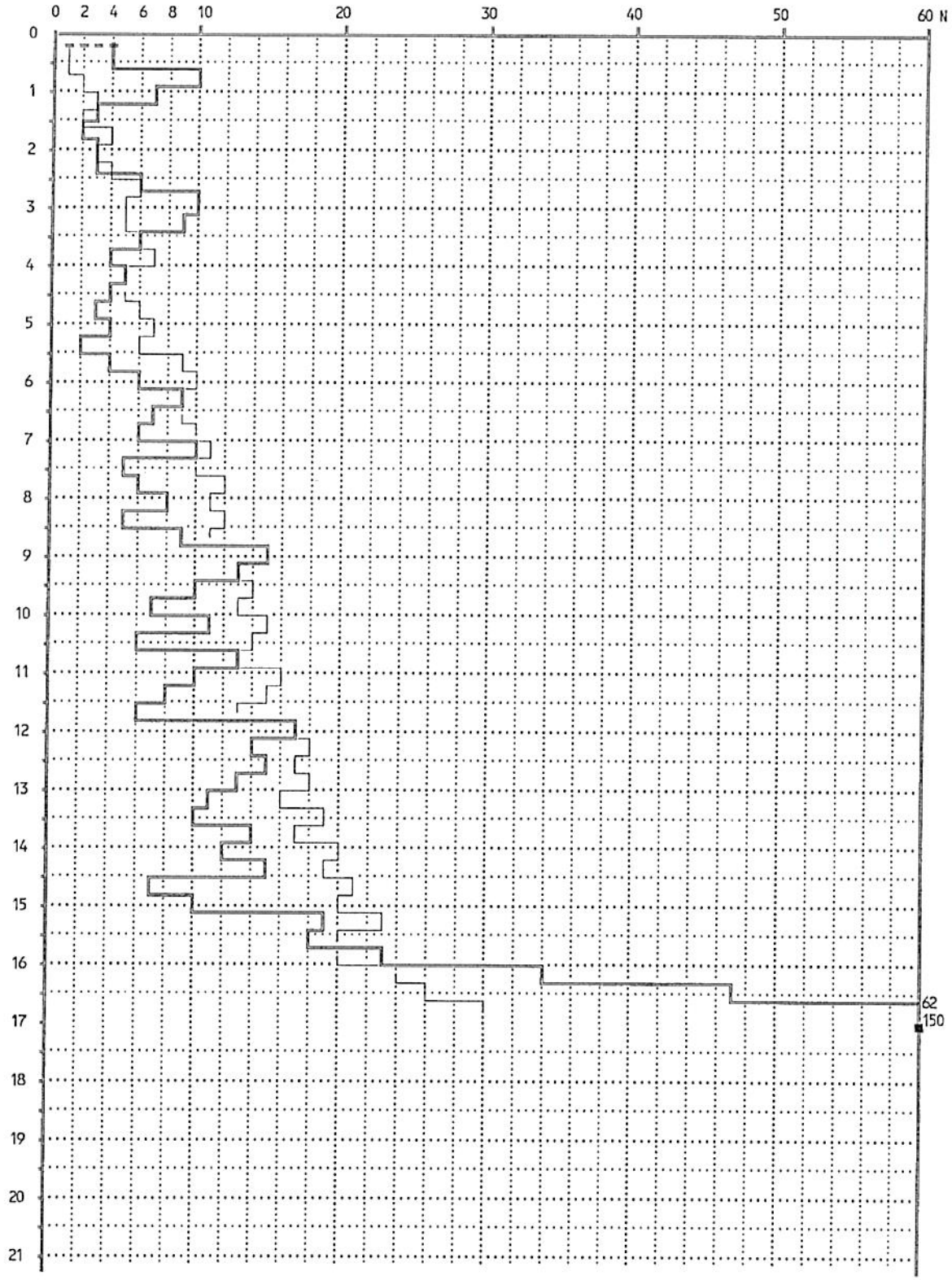
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA N°:5

DATA: 11-6-2014

Disegno n°:62295H

Località : SETTIMO MILANESE

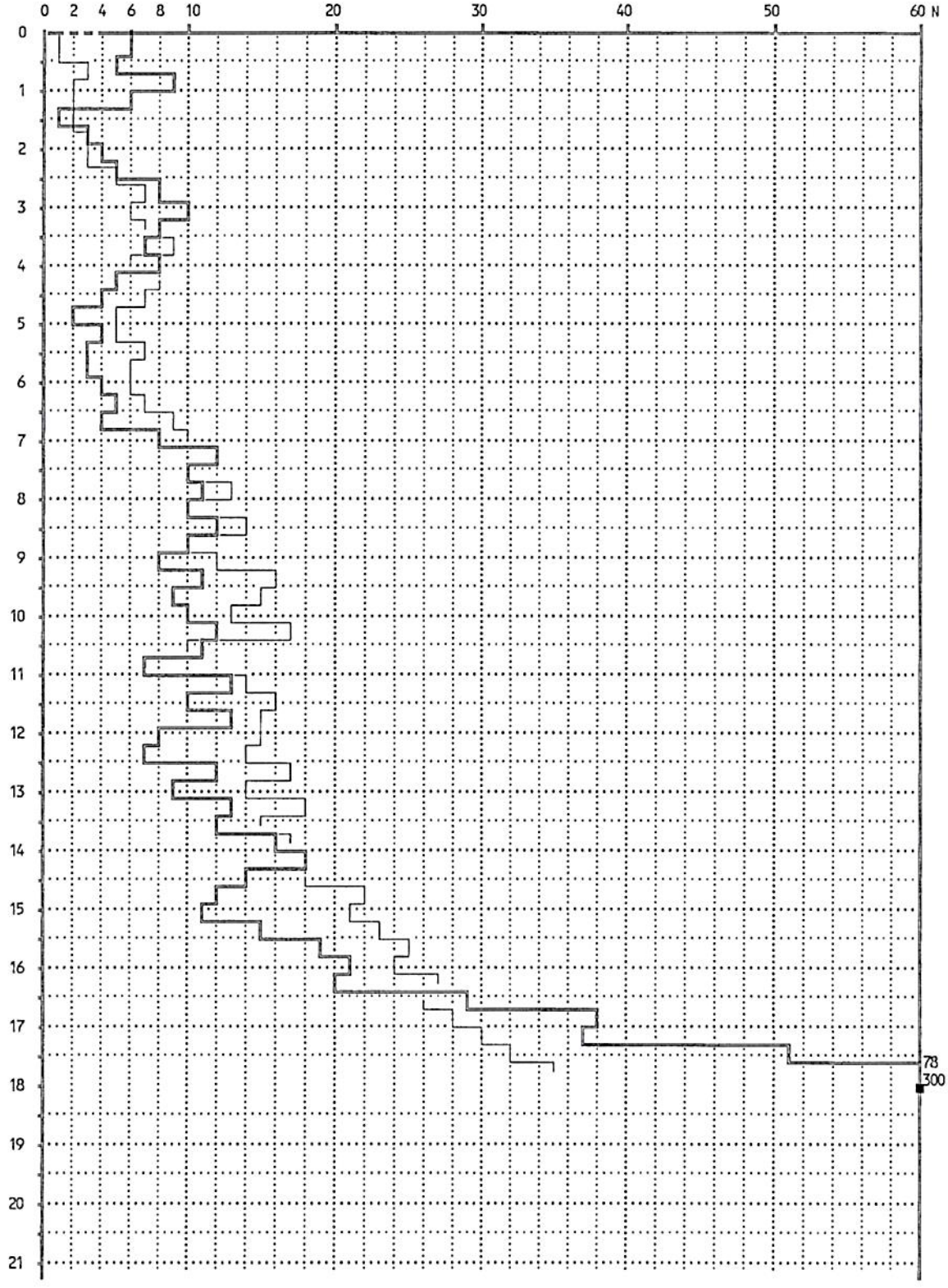
Penetrometro con asta isolata dal terreno circostante
N = Numero di colpi/piede di affondamento con mazza battente da 160 libbre e volata da 30 pollici
—— Punta 60° ϕ= 2'' —— Tubazione di rivestimento ϕ = 1''1/2
- - - Inizio prova m. 0.20 Assenza acqua fino a m.0.90 poi foro ostruito ■ Fine prova m.17.10



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA N°:6 **DATA: 12-6-2014**

Disegno n°:62296H Località : SETTIMO MILANESE

Penetrometro con asta isolata dal terreno circostante
N = Numero di colpi/piede di affondamento con mazza battente da 160 libbre e volata da 30 pollici
—— Punta 60° ϕ= 2'' —— Tubazione di rivestimento ϕ = 1''1/2
- - - Inizio prova m. 0.00 Assenza acqua fino a m.0.40 poi foro ostruito ■ Fine prova m.18.00



STUDIO TECNICO
Geom. UGO CELOTTI S.R.L.

VIA MINCIO 22 - CAP 20139 MILANO - TEL. 025393977 r.a. - 025392262 FAX
e-mail: studiocelotti@studiocelotti.it

INDAGINI GEOGNOSTICHE - PROVE SU TERRENI DI FONDAZIONE
RICERCHE IDROLOGICHE AMBIENTALI - STRUMENTAZIONI GEOTECNICHE
PERFORAZIONI PROFONDE PER GEOTERMIA PER DISPERSORI PER STRUMENTAZIONI
RILIEVI TOPOGRAFICI - PROSPEZIONI GEOFISICHE E GEOELETTRICHE

GENERALE PREFABBRICATI S.p.A. - Centro Direzionale Quattrotorri
Ellera Stazione - PERUGIA

Indagini geognostiche e geotecniche eseguite nel terreno di fondazione di una palazzina uffici di prossima costruzione in comune di Cornaredo (Milano) - Via Reiss Romoli.

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE NN. 7 - 8

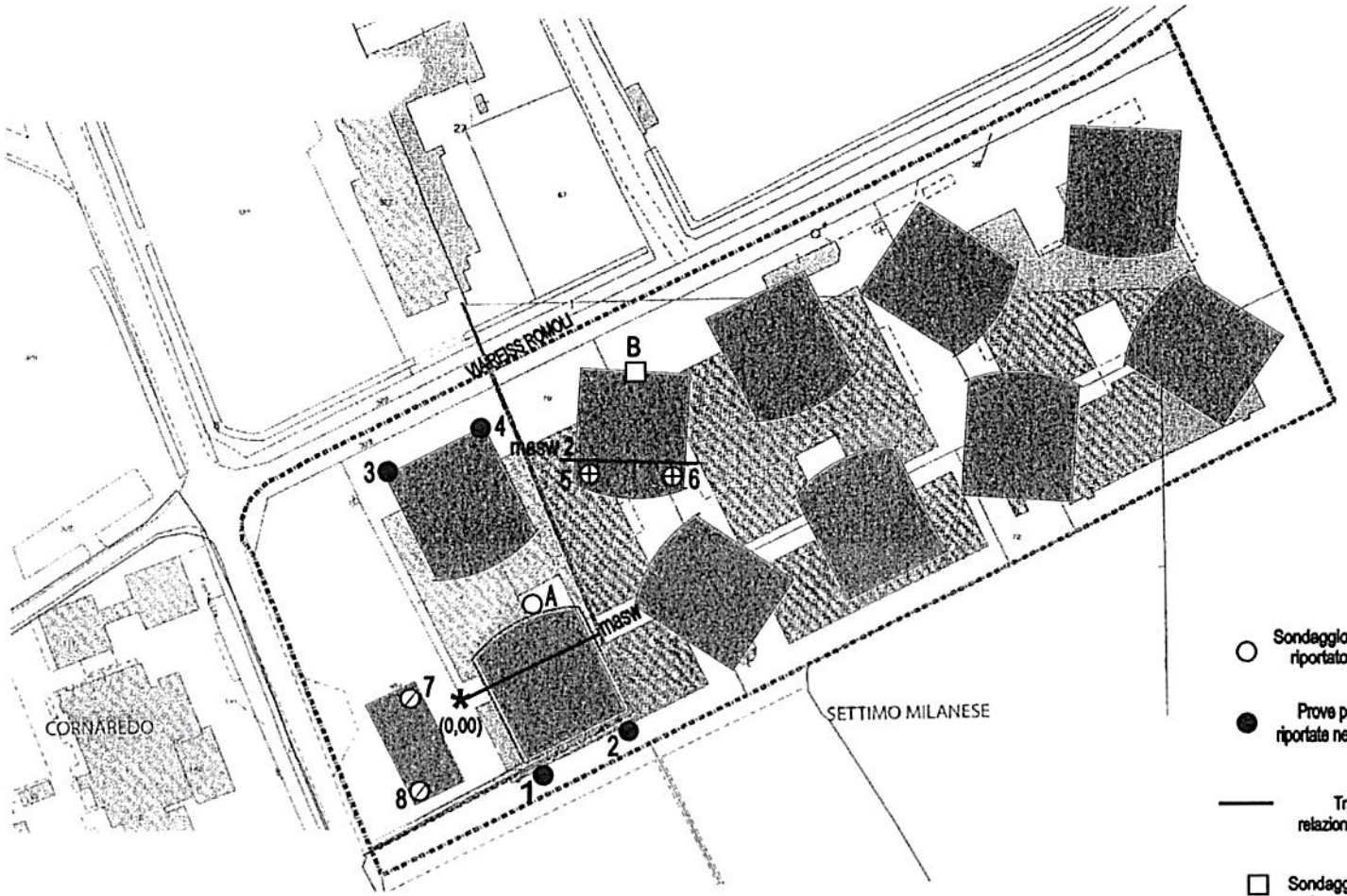
Disegno n. 6229/6A

Data: 31 - 10 - 2014

N.B. - Lo zero di riferimento delle profondità coincide con il piano della soglia dell'attuale ingresso carrabile ai capannoni esistenti che corrisponde a m. +132.93 s.l.m. calcolata dalla quota m. +133.30 indicata dalla Committente (v. dis.).

⊘ Prove penetrometriche dinamiche

PLANIMETRIA
Scala 1: 2000



○ Sondaggio geognostico e geotecnico riportato nel disegno n. 6229/1A

● Prove penetrometriche dinamiche riportate nei disegni n. 6229/1A-6229/3A

—— Traccia masw relazione prot. n. 6229/2A

□ Sondaggio geognostico e geotecnico riportato nel disegno n. 6229/4A

⊕ Prove penetrometriche dinamiche riportate nel disegno n. 6229/4A

—— Traccia masw 2 relazione prot. n. 6229/5A

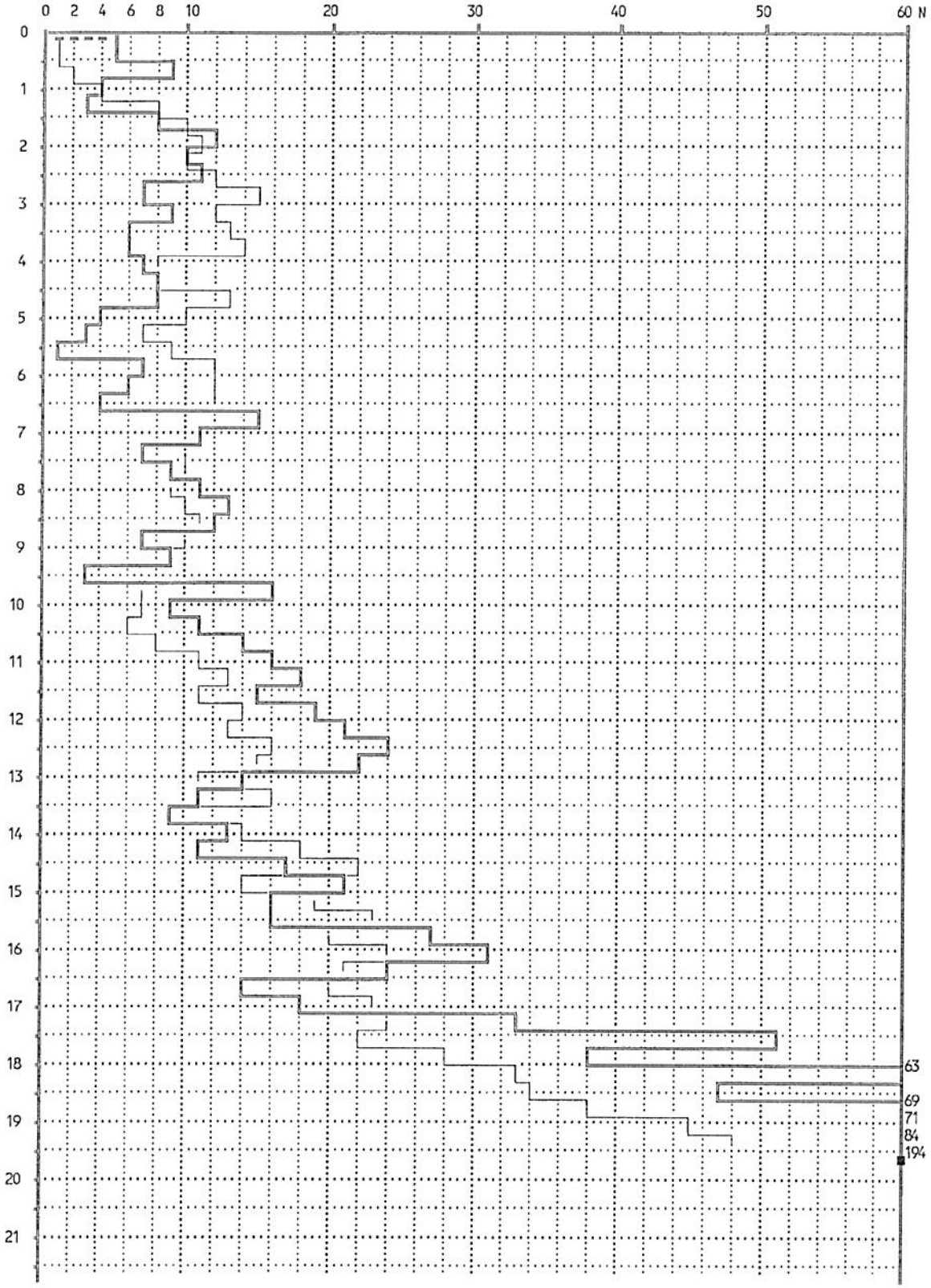
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA N°:7

DATA: 31-10-2014

Disegno n°:62297H

Località : CORNAREDO

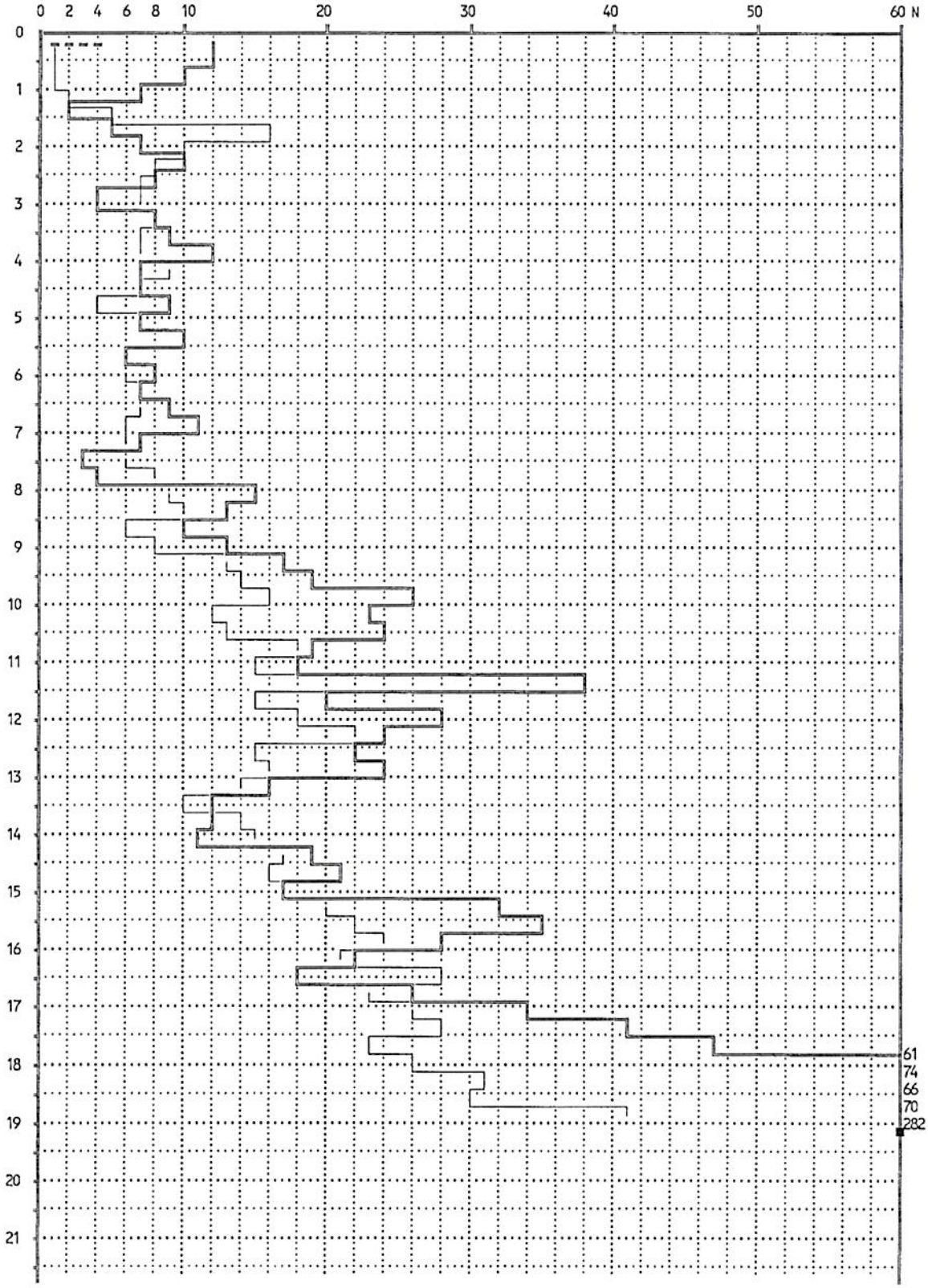
Penetrometro con asta isolata dal terreno circostante
N = Numero di colpi/piede di affondamento con mazza battente da 160 libbre e volata da 30 pollici
—— Punta 60° ϕ= 2'' —— Tubazione di rivestimento ϕ = 1''1/2
- - - Inizio prova m. 0.10 Presenza acqua da m.5.40 ■ Fine prova m.19.65



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA N°:8 **DATA: 31-10-2014**

Disegno n°:62298H Località : CORNAREDO

Penetrometro con asta isolata dal terreno circostante
N = Numero di colpi/piede di affondamento con mazza battente da 160 libbre e volata da 30 pollici
—— Punta 60° ϕ= 2'' —— Tubazione di rivestimento ϕ = 1''1/2
- - - Inizio prova m. 0.20 Presenza acqua da m.5.00 ■ Fine prova m.19.10



STUDIO TECNICO
Geom. UGO CELOTTI S.R.L.

VIA MINCIO 22 - CAP 20139 MILANO - TEL. 025393977 r.a. - 025392262 FAX
e-mail: studiocelotti@studiocelotti.it

INDAGINI GEOGNOSTICHE - PROVE SU TERRENI DI FONDAZIONE
RICERCHE IDROLOGICHE AMBIENTALI - STRUMENTAZIONI GEOTECNICHE
PERFORAZIONI PROFONDE PER GEOTERMIA PER DISPERSORI PER STRUMENTAZIONI
RILIEVI TOPOGRAFICI - PROSPEZIONI GEOFISICHE E GEOELETTRICHE

GENERALE PREFABBRICATI S.p.A. - Centro Direzionale Quattrotorri
Ellera Stazione - PERUGIA

Prove penetrometriche dinamiche eseguite nel terreno di fondazione dell'edificio DC04 di prossima costruzione in comune di Settimo Milanese (Milano) - Via Reiss Romoli.

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE NN. 9 - 10

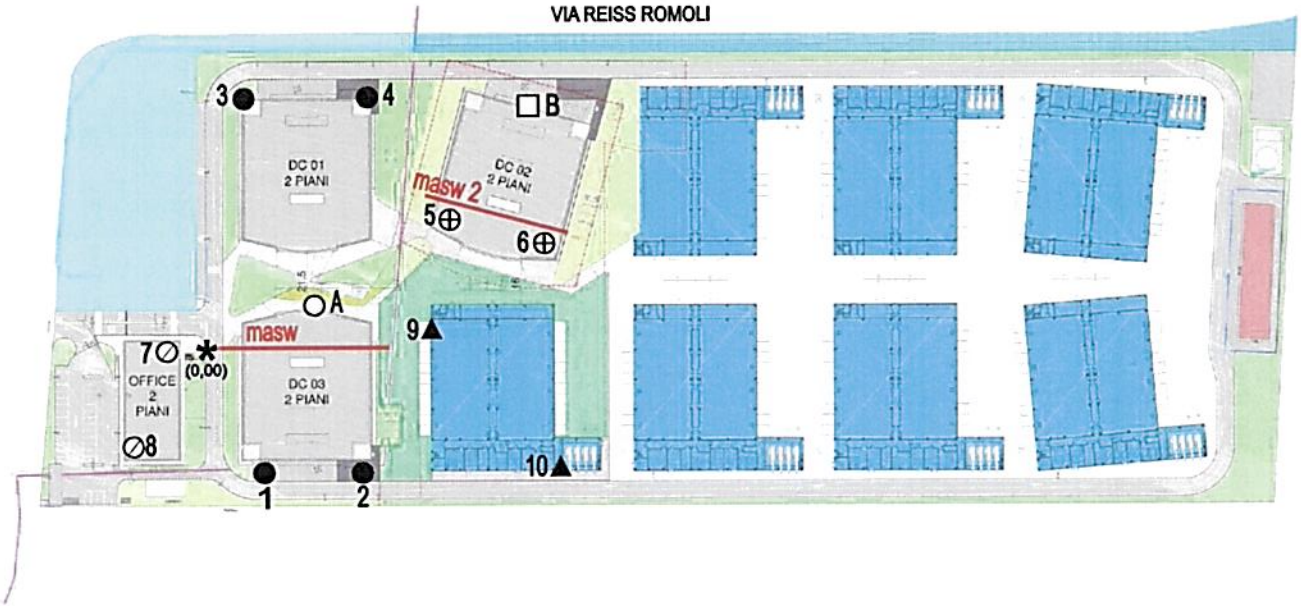
Disegno n. 6229/6B

Data: 14 - 02 - 2017

N.B. - Lo zero di riferimento delle profondità coincide con il piano della soglia dell'attuale ingresso carrabile ai capannoni esistenti che corrisponde a m. +132.93 s.l.m. calcolata dalla quota m. +133.30 indicata dalla Committente (v. dis.).

▲ Prove penetrometriche dinamiche

PLANIMETRIA
Scala 1: 2000



○ Sondaggio geognostico e geotecnico riportato nel disegno n. 6229/1A

● Prove penetrometriche dinamiche riportate nei disegni n. 6229/1A-6229/3A

— Traccia masw relazione prot. n. 6229/2A

□ Sondaggio geognostico e geotecnico riportato nel disegno n. 6229/4A

⊕ Prove penetrometriche dinamiche riportate nel disegno n. 6229/4A

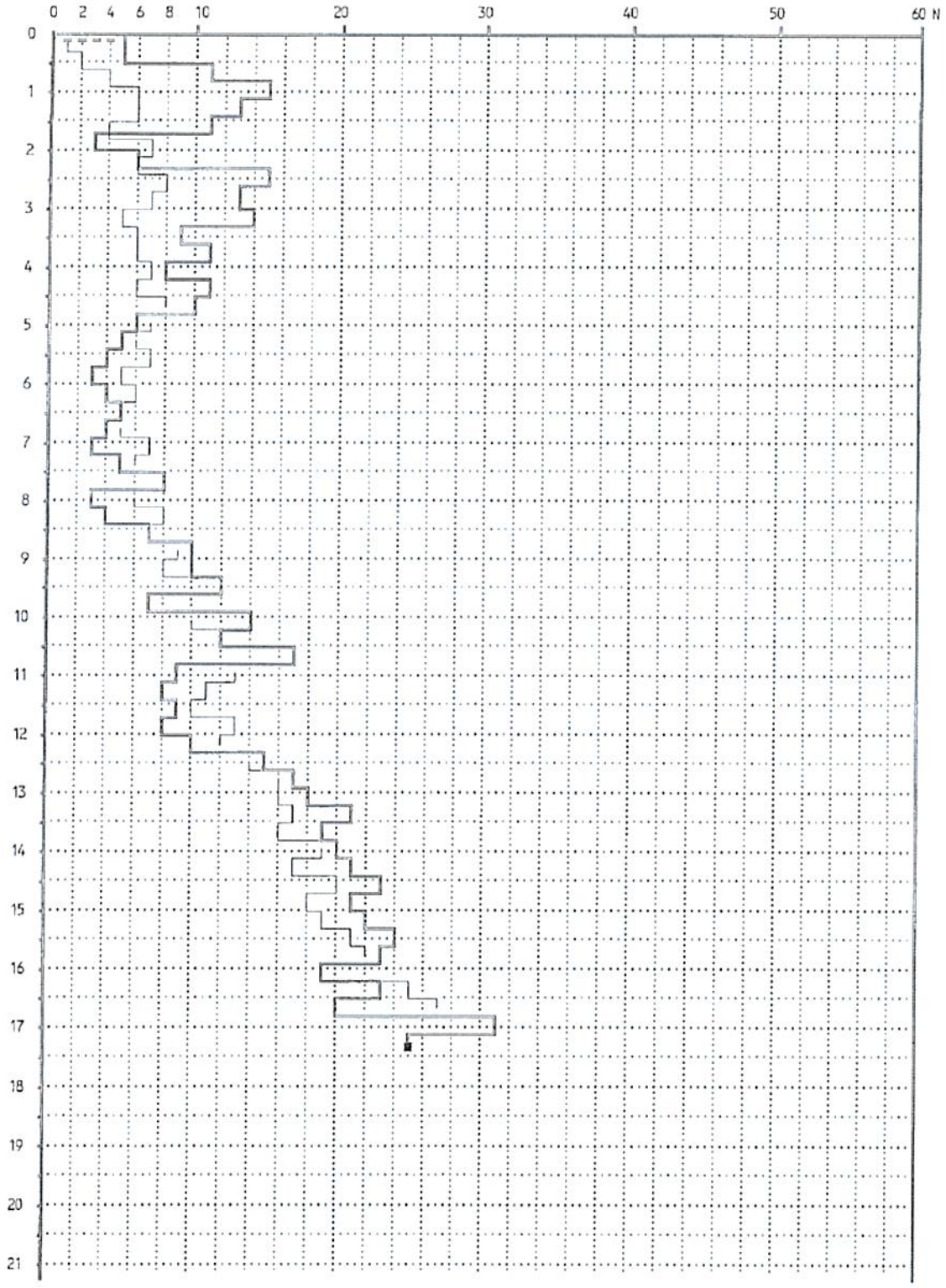
— Traccia masw 2 relazione prot. n. 6229/5A

⊘ Prove penetrometriche dinamiche riportate nel disegno n. 6229/6A

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA N°:9 DATA: 11-2-2017

Disegno n°:62299H Località : SETTIMO MILANESE

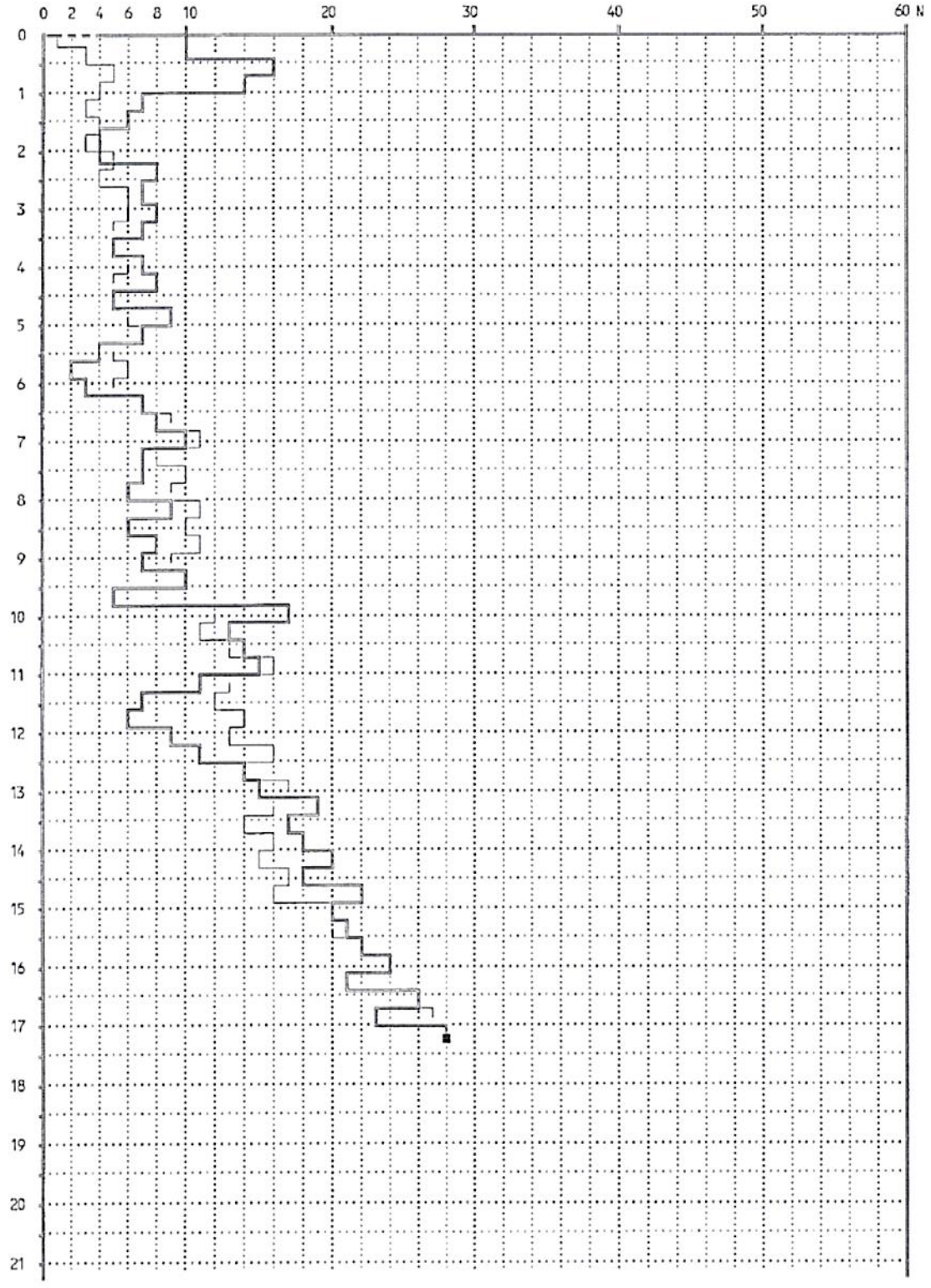
Penetrometro con asta isolata dal terreno circostante
N = Numero di colpi/piede di affondamento con mazza battente da 160 libbre e volata da 30 pollici
—— Punta 60° ϕ= 2'' —— Tubazione di rivestimento ϕ = 1''1/2
- - - Inizio prova m. 0.10 Assenza acqua fino a m.1.90 poi foro ostruito ■ Fine prova m.17.40



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA N°:10 **DATA: 11-2-2017**

Disegno n°:622910H Località : SETTIMO MILANESE

Penetrometro con asta isolata dal terreno circostante
N = Numero di colpi/piede di affondamento con mazza battente da 160 libbre e volata da 30 pollici
—— Punta 60° ϕ= 2'' —— Tubazione di rivestimento ϕ = 1''1/2
- - - Inizio prova m. 0.00 Assenza acqua fino a m.1.30 poi foro ostruito ■ Fine prova m.17.30



STUDIO TECNICO
Geom. UGO CELOTTI S.R.L.

VIA MINCIO 22 - CAP 20139 MILANO - TEL. 025393977 r.a. - 025392262 FAX
e-mail: studiocelotti@studiocelotti.it

INDAGINI GEOGNOSTICHE - PROVE SU TERRENI DI FONDAZIONE
RICERCHE IDROLOGICHE AMBIENTALI - STRUMENTAZIONI GEOTECNICHE
PERFORAZIONI PROFONDE PER GEOTERMIA PER DISPERSORI PER STRUMENTAZIONI
RILIEVI TOPOGRAFICI - PROSPEZIONI GEOFISICHE E GEOELETTRICHE

GENERALE PREFABBRICATI S.p.A. - Centro Direzionale Quattrotorri
Ellera Stazione - PERUGIA

Prove penetrometriche dinamiche eseguite nel terreno di fondazione dell'edificio DC05 di prossima costruzione in comune di Settimo Milanese (Milano) - Via Reiss Romoli.

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE NN. 11 - 12

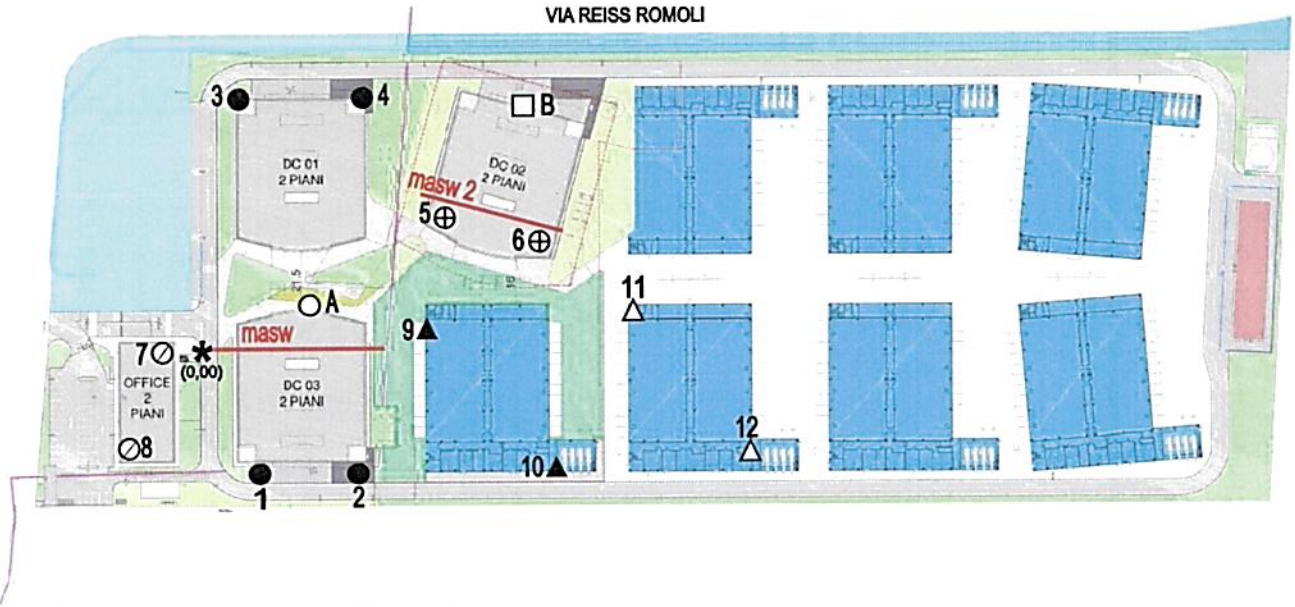
Disegno n. 6229/6C

Data: 29 - 06 - 2019

N.B. - Lo zero di riferimento delle profondità coincide con il piano della soglia dell'attuale ingresso carrabile ai capannoni esistenti che corrisponde a m. +132.93 s.l.m. calcolata dalla quota m. +133.30 indicata dalla Committente (v. dis.).

△ Prove penetrometriche dinamiche

PLANIMETRIA
Scala 1: 2000



○ Sondaggio geognostico e geotecnico riportato nel disegno n. 6229/1A

● Prove penetrometriche dinamiche riportate nei disegni n. 6229/1A-6229/3A

— Traccia masw relazione prot. n. 6229/2A

□ Sondaggio geognostico e geotecnico riportato nel disegno n. 6229/4A

⊕ Prove penetrometriche dinamiche riportate nel disegno n. 6229/4A

— Traccia masw 2 relazione prot. n. 6229/5A

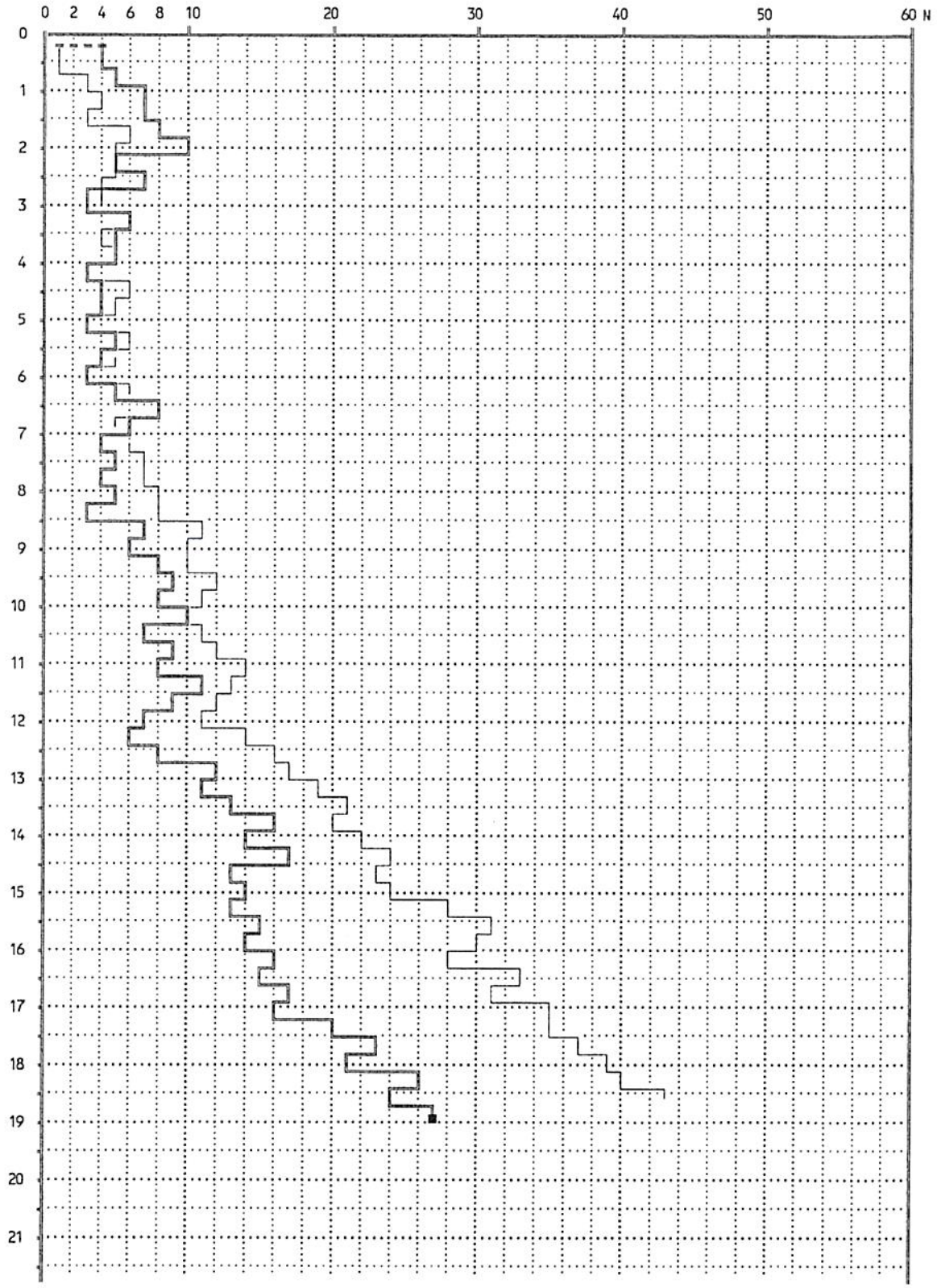
⊘ Prove penetrometriche dinamiche riportate nel disegno n. 6229/6A

▲ Prove penetrometriche dinamiche riportate nel disegno n. 6229/6B

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA N°:11 **DATA: 27-6-2019**

Disegno n°:622911H Località : SETTIMO MILANESE

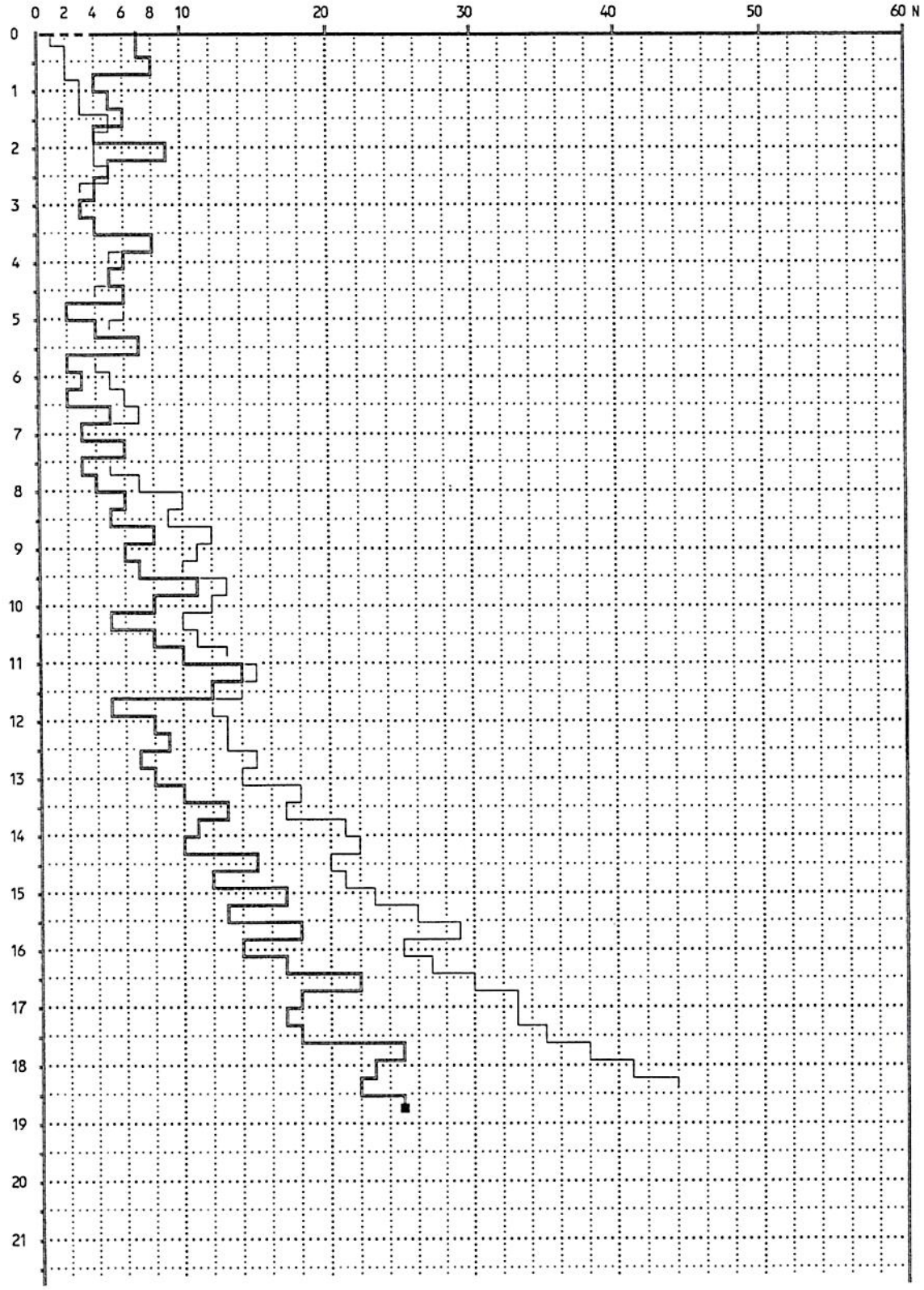
Penetrometro con asta isolata dal terreno circostante
N = Numero di colpi/piede di affondamento con mazza battente da 160 libbre e volata da 30 pollici
—— Punta 60° ϕ= 2'' —— Tubazione di rivestimento ϕ = 1''1/2
- - - Inizio prova m. 0.20 Assenza acqua fino a m.1.70 poi foro ostruito ■ Fine prova m.19.00



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA N°:12 **DATA: 27-6-2019**

Disegno n°:622912H Località : SETTIMO MILANESE

Penetrometro con asta isolata dal terreno circostante
N = Numero di colpi/piede di affondamento con mazza battente da 160 libbre e volata da 30 pollici
—— Punta 60° ϕ= 2'' —— Tubazione di rivestimento ϕ = 1''1/2
- - - Inizio prova m. 0.00 Assenza acqua fino a m.0.90 poi foro ostruito ■ Fine prova m.18.80



STUDIO TECNICO
Geom. UGO CELOTTI S.R.L.

VIA MINCIO 22 - CAP 20139 MILANO - TEL. 025393977 r.a. - 025392262 FAX
e-mail: studiocelotti@studiocelotti.it

INDAGINI GEOGNOSTICHE - PROVE SU TERRENI DI FONDAZIONE
RICERCHE IDROLOGICHE AMBIENTALI - STRUMENTAZIONI GEOTECNICHE
PERFORAZIONI PROFONDE PER GEOTERMIA PER DISPERSORI PER STRUMENTAZIONI
RILIEVI TOPOGRAFICI - PROSPEZIONI GEOFISICHE E GEOELETTRICHE

GENERALE PREFABBRICATI S.p.A. - Centro Direzionale Quattrotorri
Ellera Stazione - PERUGIA

Prove penetrometriche dinamiche eseguite nel terreno di fondazione dell'edifico "Cabina HT" di prossima costruzione in comune di Settimo Milanese (Milano) - Via Reiss Romoli.

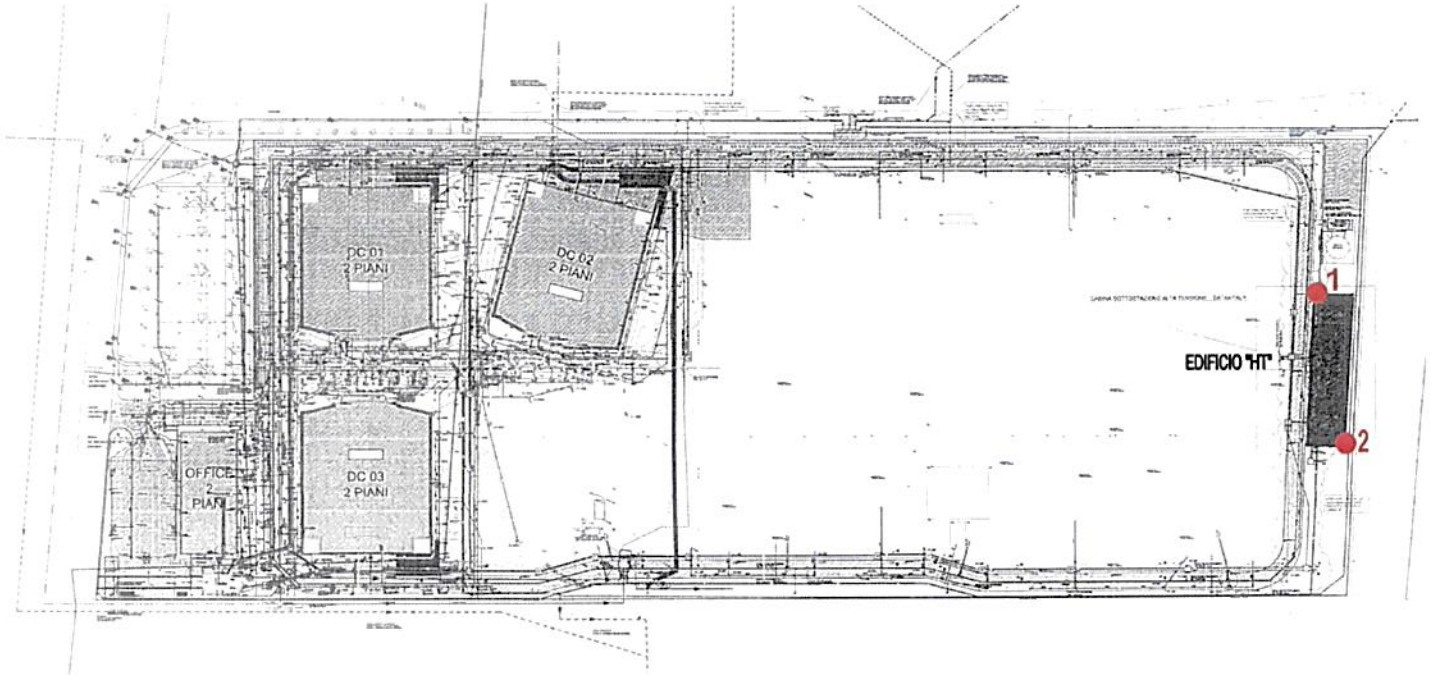
PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE NN. 1 - 2

Disegno n. 6229/8A

Data: 30 - 05 - 2016

N.B. - Lo zero di riferimento delle profondità coincide con la quota m. +135.00 s.l.m. calcolata dalle quote s.l.m. indicate dalla Committente corrispondenti al piano d'inizio delle prove.

PLANIMETRIA

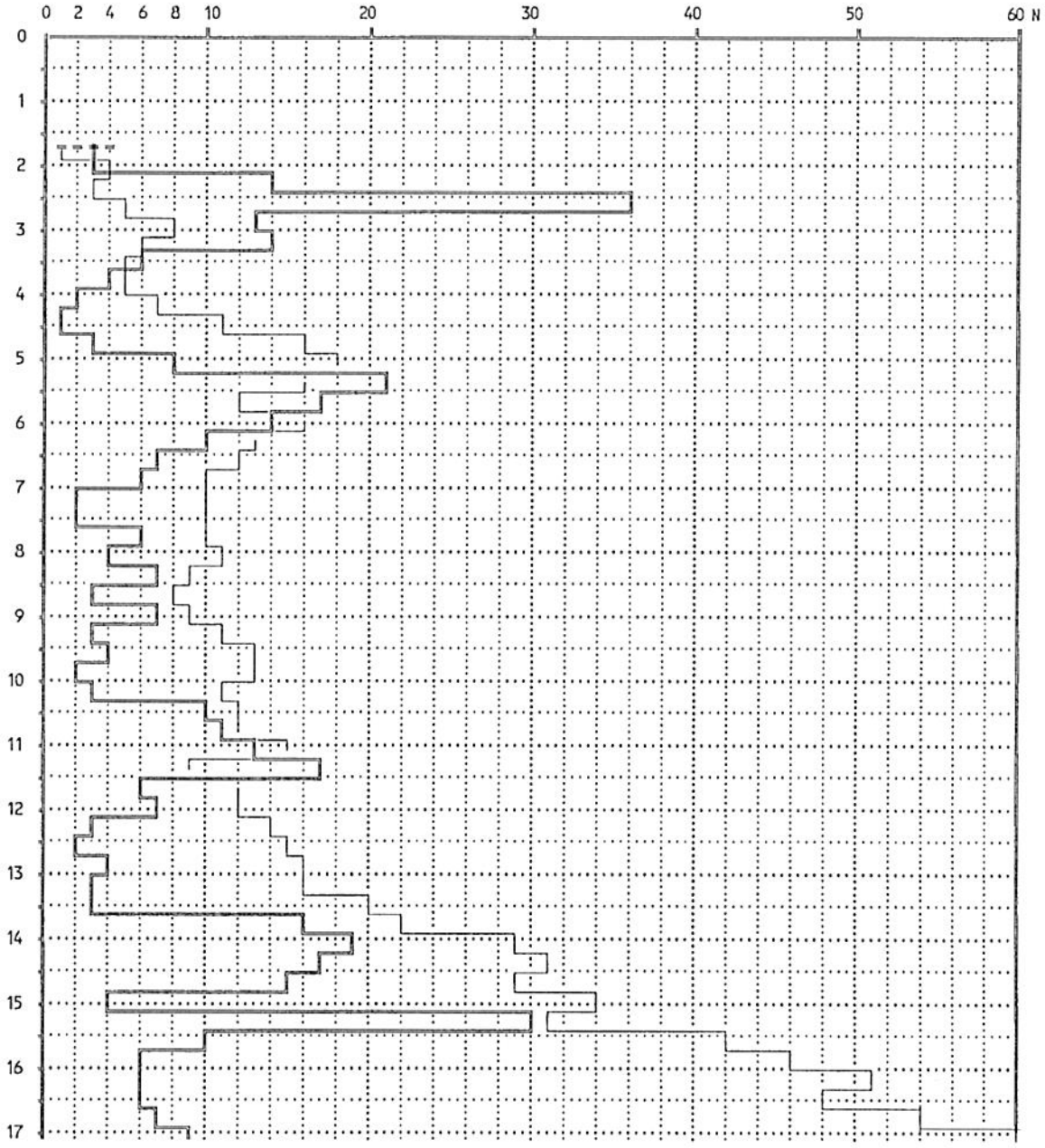


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA N°: 1 DATA: 26-5-2016

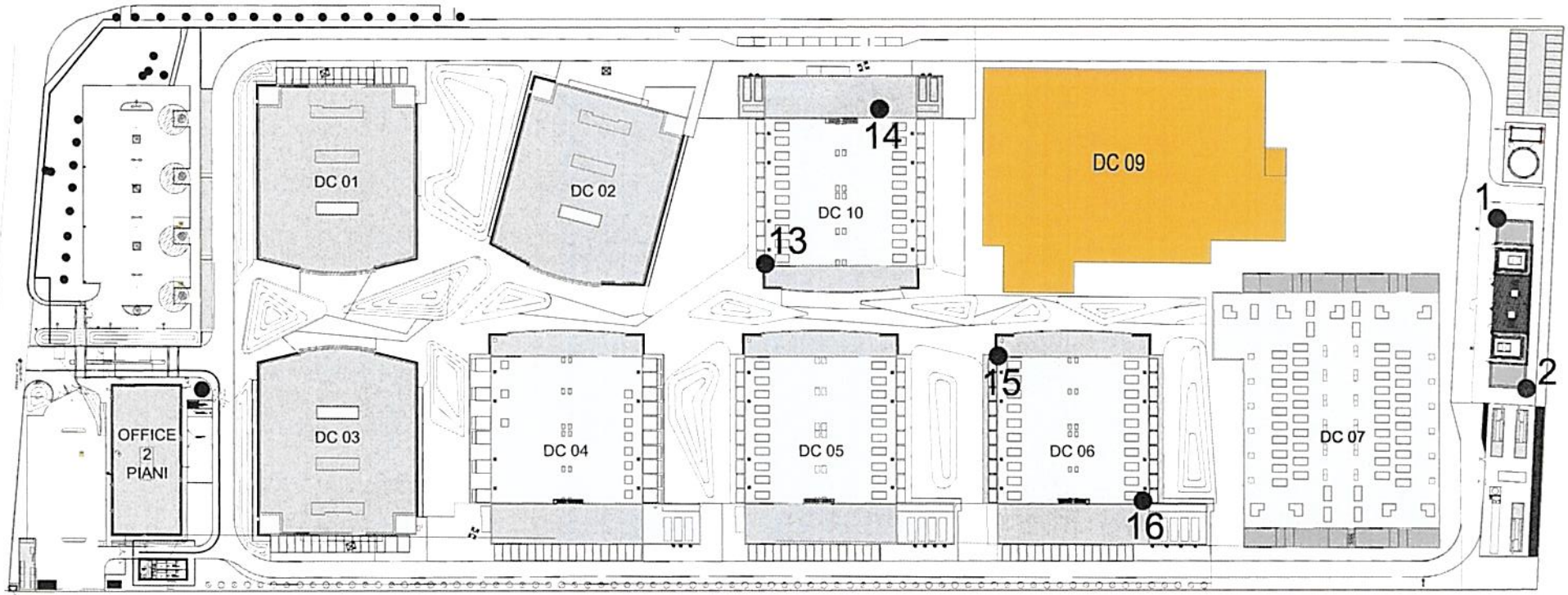
Disegno n°:6229P1H Località : SETTIMO MILANESE

Penetrometro con asta isolata dal terreno circostante
N = Numero di colpi/piede di affondamento con mazza battente da 160 libbre e volata da 30 pollici
—— Punta 60° ϕ= 2'' —— Tubazione di rivestimento ϕ = 1''1/2
- - - Inizio prova m. 1.70 Presenza acqua da m.7.30 ■ Fine prova m.20.50

Inizio prova penetrometrica m. +133.300 s.l.m.

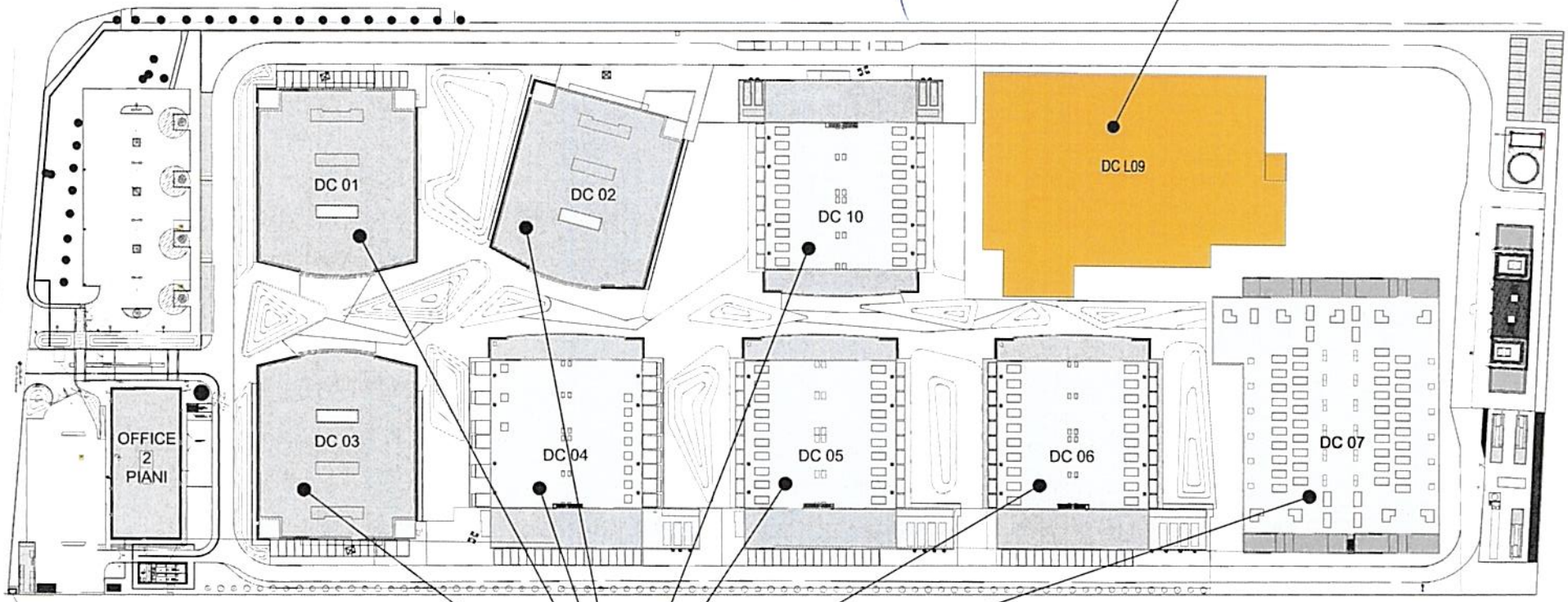


Generale Prefabbricati S.p.A.
Progettista delle Strutture
Dott. Ing. Andrea Bagiana
Ordine degli Ingegneri di Perugia n. A4122



Generale Prefabbricati S.p.A.
Progettista delle Strutture
Dott. Ing. Andrea Bagiana
Ordine degli Ingegneri di Perugia n. A4122

DATA CENTER
DA REALIZZARE



DATA CENTER
REALIZZATI